

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารต่างๆ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พ.ศ.2551
 - 1.1 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์
 - 1.2 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 1.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 1.4 คุณภาพผู้เรียน
2. การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์
 - 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์
 - 2.2 ประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์
 - 2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์
 - 2.4 การประเมินผลการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์
3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 3.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 3.4 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 3.5 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
4. ความคิดสร้างสรรค์
 - 4.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์
 - 4.2 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์
 - 4.3 พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์
 - 4.4 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์
 - 4.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์

- 4.6 การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
- 4.7 การวัดความคิดสร้างสรรค์
- 5. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 5.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 5.2 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- 6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 6.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 6.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 6.3 การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 7. การควบคุมตัวแปรควบคุม
- 8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 8.1 งานวิจัยภายในประเทศ
 - 8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พ.ศ.2551

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นไปตามหลักสูตรแกนกลางที่มีโครงสร้างยืดหยุ่น กำหนดจุดหมายซึ่งถือเป็นมาตรฐานการเรียนรู้ในภาพรวม 12 ปี ระดับช่วงชั้น เป็น 4 ช่วงชั้น ตามระดับพัฒนาการของผู้เรียน สาระการเรียนรู้ตามหลักสูตร ซึ่งประกอบด้วยองค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะหรือค่านิยม คุณธรรม จริยธรรมของผู้เรียน (กรมวิชาการ, 2545 : 2-5) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นสาระหนึ่งที่กำหนดไว้ในสาระการเรียนรู้ เป็นหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มุ่งหวังให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นกระบวนการไปสู่การสร้างองค์ความรู้ โดยผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนทุกขั้นตอน ผู้เรียนจะได้ออกกิจกรรมหลากหลาย ทั้งเป็นรายกลุ่มและเป็นรายบุคคล และเกิดการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ คุณธรรมและค่านิยมที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ การเรียนการสอนจึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับช่วงชั้นที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

1.1 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและในงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วน

เป็นผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิเคราะห์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ (Knowledge based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ. 2552 :1)

1.2 สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิตหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และเทคโนโลยีชีวภาพ

ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และ โลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

สารและสมบัติของสาร สมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนแปลงสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมี และการแยกสาร

แรงและการเคลื่อนที่ ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

พลังงาน พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ปฏิกิริยาทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ ดาราศาสตร์และอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ ปฏิสัมพันธ์และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2552 : 1-2)

1.3 มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาระดับพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีดังนี้

สาระที่ 1 : สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 : เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 : เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพมีผลต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 : ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1 : เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2 : เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก นำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 : เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 : เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 : เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 : เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5 : พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 : เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิตการเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6 : กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 : เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลกมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7 : ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 : เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะและกาแล็กซี ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 : เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการเกษตรและการสื่อสาร สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 : ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจ

ว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน (กระทรวงศึกษาธิการ. 2552 : 3-5)

1.4 คุณภาพของผู้เรียน

คุณภาพของผู้เรียนวิทยาศาสตร์เมื่อจบช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3) ควรมีความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการ และจิตวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต พฤติกรรมการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม
2. เข้าใจสมบัติและองค์ประกอบของสารละลาย สารบริสุทธิ์ การเปลี่ยนแปลงของสาร ในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี
3. เข้าใจแรงเสียดทาน โมเมนต์ การเคลื่อนที่แบบต่างๆในชีวิตประจำวัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน การสะท้อน การหักเห และความเข้มของแสง
4. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทางไฟฟ้า หลักการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน การคำนวณหาพลังงาน ไฟฟ้า และหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์
5. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก แหล่งทรัพยากรธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ บนโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ
6. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี การพัฒนาและผลของการพัฒนาเทคโนโลยีต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม
7. ตั้งคำถามที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง วางแผนและลงมือสำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูล และสร้างองค์ความรู้
8. สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
9. ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ
10. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้
11. ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่องและเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น

12. แสดงถึงความซาบซึ้งห้วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า มีส่วนร่วมในการพิทักษ์ ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

13. ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นของตนเองและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น (กระทรวงศึกษาธิการ. 2552 : 6-7)

2. การจัดการเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

โครงการวิทยาศาสตร์ หมายถึง การเรียนโดยผ่านกิจกรรมที่เกิดจากความสนใจการศึกษา ค้นคว้าและปฏิบัติจริงของผู้เรียนที่มีการจัดระบบ และกระบวนการในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเพื่อให้ได้คำตอบที่ตนเองต้องการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง ซึ่งทุกขั้นตอนจากประสบการณ์จริงด้วยตนเองหรือกลุ่มความสนใจของผู้เรียน (ถวัลย์ มาศจรัส และ มณี เรืองจำ. 2549 : 16)

โครงการวิทยาศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมวิทยาศาสตร์ การศึกษาเพื่อค้นพบความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยมีครูอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คำปรึกษา ความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่นั้นทั้งนักเรียนและครูไม่เคยรู้หรือมีประสบการณ์มาก่อน (พิมพ์พันธ์ เฉชะคุปต์ 2548 : 47)

โครงการวิทยาศาสตร์ เป็นการจัดการเรียนรู้แบบหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองได้ปฏิบัติจริงในลักษณะของการศึกษา สืบค้น ทดลอง ประดิษฐ์คิดค้น ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้คอยกระตุ้น แนะนำและให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงการ หมายถึงกระบวนการทำงานที่ผู้เรียนทำด้วยตนเองตามจุดประสงค์ที่กำหนด แล้วเสนอผลงานต่อผู้สอน (ชาติรี เกิดธรรม. 2547 : 5)

โครงการวิทยาศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการอื่นใดไปใช้ในการศึกษาหาคำตอบในเรื่องนั้น ๆ โดยมีครูผู้สอนคอยกระตุ้น แนะนำ และให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่จะศึกษา ค้นคว้า ดำเนินการวางแผน กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานและการนำเสนอผลงาน โดยทั่ว ๆ ไป การทำโครงการสามารถทำได้ทุก ๆ ระดับการศึกษา ซึ่งอาจทำเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงการ อาจเป็นโครงการเล็ก ๆ ที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน หรือเป็นโครงการใหญ่ที่มีความยากและซับซ้อนขึ้นก็ได้ (กรมวิชาการ. 2544 : 1)

จากความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปความหมายของโครงการวิทยาศาสตร์หมายถึง กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูผู้สอนคอยกระตุ้น แนะนำ และให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่จะศึกษา ค้นคว้า ดำเนินการวางแผน กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานและการนำเสนอผลงาน อาจเป็นโครงการเล็ก ๆ ที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน หรือเป็นโครงการใหญ่ที่มีความยากและซับซ้อนขึ้นก็ได้ ได้พัฒนาการเรียนรู้ เกิดการเรียนรู้และสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง

2.2 ประเภทของโครงการ

ประเภทของโครงการวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งตามลักษณะของกิจกรรมแตกต่างกัน ดังนี้

กรมวิชาการ (2545 : 1) ได้แบ่งประเภทของโครงการได้ 4 ประเภทคือ

1. โครงการประเภทสำรวจ รวบรวมข้อมูล

โครงการประเภทนี้ ผู้เรียนเพียงต้องการสำรวจและรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลเหล่านั้นมาจำแนกเป็นหมวดหมู่และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เห็นลักษณะและความสัมพันธ์ในเรื่องที่ต้องการศึกษาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ตัวอย่างโครงการประเภทนี้ เช่น

1.1 การสำรวจประชากรและชนิดของสิ่งต่าง ๆ เช่น สัตว์ พืช หิน แร่ ฯลฯ ในท้องถิ่นหรือบริเวณที่ต้องการศึกษา

1.2 การสำรวจพฤติกรรมต่างๆของสัตว์ในธรรมชาติ

1.3 การสำรวจคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆที่ต้องการศึกษา

1.4 การสำรวจมลพิษของอากาศในแหล่งต่างๆ

2. โครงการประเภทการทดลอง

โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่มีการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลของตัวแปรหนึ่งที่มีต่อตัวแปรอีกตัวแปรหนึ่งที่ต้องการศึกษา โดยควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษาไว้โดยทั่ว ๆ ไป ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการประเภทนี้จะประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งจุดประสงค์หรือสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การดำเนินการทดลอง การรวบรวมข้อมูล การแปรผลและการสรุปผลการทดลอง ตัวอย่างโครงการประเภทนี้ เช่น

2.1 การศึกษาเปรียบเทียบผลของสารเคมีที่มีต่อพัฒนาการทางกายและการเจริญเติบโตของหนูขาว

2.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของผงซักฟอกที่มีต่อการงอกของเมล็ดข้าวโพด

2.3 ผลของความเข้มข้นของแสงที่มีต่อการสลายตัวของวิตามินซี

3. โครงการประเภทพัฒนาหรือประดิษฐ์

โครงการประเภทนี้เป็นโครงการเกี่ยวกับการประยุกต์ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์หรือด้านอื่น ๆ มาประดิษฐ์ของเล่นเครื่องมือ เครื่องใช้หรืออุปกรณ์เพื่อประโยชน์ใช้สอยต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นการประดิษฐ์สิ่งใหม่ หรือการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงของเดิมที่มีอยู่แล้ว ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นก็ได้ อาจเป็นไปในด้านวิทยาศาสตร์หรือด้านสังคม อาจรวมถึงการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายแนวคิดต่าง ๆ ด้วย ตัวอย่างโครงการประเภทนี้ เช่น โครงการประดิษฐ์ของเล่น ของใช้ของประดับตกแต่งจากวัสดุ โครงการผลิตสื่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โครงการเครื่องจักรกลพลังงานแม่เหล็ก หุ่นยนต์ใช้งานในบ้าน ลิฟท์พลังงานโน้มถ่วงแบบจำลอง การใช้พลังงานความร้อนใต้ดิน แบบจำลองการวางผังชุมชน แบบจำลองการวางผังบริหารองค์กร

4. โครงการประเภททฤษฎี หลักการ หรือแนวคิด

เป็นโครงการที่ผู้ทำโครงการ ได้เสนอทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดใหม่ ๆ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปสูตรสมการหรือคำอธิบายก็ได้ โดยผู้เสนอ ได้ตั้งกติกาหรือข้อตกลงขึ้นมาเอง แล้วนำเสนอทฤษฎีหลักการ แนวคิด หรือจินตนาการของตนเองตามกติกาหรือข้อตกลงนั้น หรืออาจใช้กติกาหรือข้อตกลงเดิมมาอธิบายสิ่งของหรือปรากฏการณ์ในแนวคิดใหม่ ทฤษฎีหลักการ แนวคิด หรือจินตนาการที่เสนอนี้ อาจจะใหม่ยังไม่มีใครคิดมาก่อน หรืออาจขัดแย้งกับทฤษฎีเดิม หรือเป็นการขยายทฤษฎี หรือแนวคิดเดิมก็ได้ การทำโครงการประเภทนี้มีจุดสำคัญอยู่ที่ผู้ทำโครงการต้องมีความรู้พื้นฐานในเรื่องนั้น ๆ อย่างดีโดยทั่วไป โครงการประเภทนี้มักเป็นโครงการทางวิทยาศาสตร์ เช่น โครงการเกษตรทฤษฎีใหม่ ทฤษฎีของจำนวน ฯลฯ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, พเยาว์ ยินดีสุข และ ราชน มีศรี (2553 : 28) ได้แบ่งประเภทของโครงการเป็น 3 ประเภท คือ

1. โครงการประเภทสำรวจ

โครงการประเภทสำรวจเป็นการสำรวจความรู้ที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติหรือสภาพที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนั้นมาจำแนกเป็นหมวดหมู่ และนำเสนอแบบต่าง ๆ อย่างมีแบบแผน เพื่อให้เห็นถึงลักษณะหรือความสัมพันธ์ของเรื่องดังกล่าวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น การปฏิบัติ ตามโครงการนี้นักเรียนจะต้องไปศึกษา รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น สอบถาม สัมภาษณ์ สำรวจโดยใช้เครื่องมือ เช่น แบบสังเกต แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบบันทึก ฯลฯ ในการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการศึกษา

2. โครงการประเภททดลอง

โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งว่าจะเกิดอะไรหรือจะมีอะไรเกิดขึ้น เมื่อมีการทดลองสิ่งที่จะกระทำขึ้นคือตัวแปรต้น เพื่อศึกษาว่าจะมีผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษาคือตัวแปรตามอย่างไร ด้วยมีการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ คือตัวแปรควบคุมที่อาจมีผลต่อตัวแปรตาม

3. โครงการประดิษฐ์

โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่มีวัตถุประสงค์คือ การนำความรู้ ทฤษฎี หลักการหรือแนวความคิดประยุกต์ใช้ โดยการประดิษฐ์เป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการเรียนการทำงาน หรือการใช้สอยอื่น ๆ การประดิษฐ์คิดค้นตามโครงการนี้อาจเป็นการประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่โดยที่ยังไม่มีใครทำ หรืออาจเป็นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง และดัดแปลงของเดิมที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ รวมทั้งการสร้างแบบจำลองต่าง ๆ โครงการประเภทนี้มีการทดลองเพื่อปรับปรุงแก้ไขเป็นระยะจึงเรียกว่าโครงการทดลองเชิงพัฒนา

ชาติรี เกิดธรรม (2547 : 6) แบ่งลักษณะของการดำเนินงาน ซึ่งแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 4 ประเภทคือ

1. โครงการประเภทสำรวจข้อมูล รวบรวมข้อมูล

จุดประสงค์เพื่อสำรวจรวบรวมข้อมูลด้านต่าง ๆ แล้วนำมาจำแนกเป็นหมวดหมู่ และนำเสนออย่างมีระบบ เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของเรื่องดังกล่าวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และได้ผลดียิ่งขึ้น โดยในการทำโครงการประเภทนี้ ผู้เรียนจะต้องใช้วิธีการต่าง ๆ ในการสำรวจรวบรวมข้อมูล เช่น การสัมภาษณ์ สอบถาม สํารวจ

2. โครงการประเภทศึกษาค้นคว้า

จุดประสงค์เพื่อแสวงหาความรู้จากแหล่งวิทยาการต่าง ๆ เช่น ห้องสมุด สำนักงาน สถาบัน เว็บไซต์ต่าง ๆ ผู้เชี่ยวชาญหรือผู้รู้ในเรื่องนั้น ๆ โดยตรง เป็นการฝึกฝนหาแนวทางในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ในเรื่องที่ยังไม่มีผู้ใดคิดมาก่อน เพื่อนำมาเทียบเคียงกับความรู้ที่ได้โดยตรงจาก หนังสือเรียน ตำรา หรือเอกสารทางวิชาการ รวมทั้งเป็นการศึกษาค้นคว้าทดลองเพื่อค้นหาหรือตรวจสอบข้อเท็จจริง หรือทฤษฎี ซึ่งผลการศึกษาค้นคว้าทดลองอาจคลาดเคลื่อนไม่ครบถ้วน

3. โครงการประเภททดลอง

ลักษณะของโครงการประเภทนี้ต้องมีการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาผลของตัวแปรหรือตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม และมีการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการศึกษาที่จะส่งผลให้การศึกษาคคลาดเคลื่อน ขั้นตอนการทำโครงการประเภทนี้จะต้องมีการกำหนดปัญหาตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหา หรือตรวจสอบ

สมมติฐานที่ตั้งไว้ แปรผล สรุปผล การทำโครงการประเภททดลองนี้ในบางครั้งอาจจำเป็นต้องทำการทดลองเพื่อศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นเสียก่อน เพื่อให้ได้ข้อมูลบางประการมาใช้ประกอบการตัดสินใจ ในการกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ของการศึกษาค้นคว้าจริงต่อไป

4. โครงการสิ่งประดิษฐ์

จุดประสงค์เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์จากการสังเกต วิเคราะห์เครื่องมือเครื่องใช้หรือวิธีการในการจัดการต่าง ๆ แล้วพัฒนาหรือสร้างชิ้นใหม่เพื่อสนองความต้องการของสังคมตามความรู้ความสามารถที่มีอยู่ การพัฒนาหรือสร้างชิ้นงานนี้มักจะเกิดขึ้นหลังจากทำโครงการสำรวจข้อมูล และโครงการทดลองมาก่อน

2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, พเยาว์ ยินดีสุข และ ราชน มีศรี (2553 : 25) ได้กล่าวถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เป็นขั้นตอนการดำเนินการทำโครงการเพื่อหาคำตอบของปัญหา ประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

1. ระบุปัญหา : สังเกต สรุปอ้างอิง แยกแยะ เปรียบเทียบ วิเคราะห์ สื่อสารและกำหนดปัญหาเพื่อหาคำตอบ

2. ออกแบบการรวบรวมข้อมูล : ตั้งสมมติฐาน คิดเชิงเหตุผล การพิสูจน์สมมติฐาน การระบุตัวแปร การนิยามเชิงปฏิบัติการ การวางแผนเพื่อวิธีเก็บข้อมูล การสร้างเครื่องมือ การวางแผนวิเคราะห์ข้อมูล

3. ปฏิบัติการรวบรวมข้อมูล : การสังเกต การสัมภาษณ์ การสอบถาม การวัด การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ การใช้ตัวเลข การบันทึกผล

4. วิเคราะห์ผลและสื่อความหมายข้อมูล : การสังเกต การแยกแยะ การจัดกลุ่ม การจำแนกประเภท การเรียงลำดับ การจัดระบบ การใช้ตัวเลขรวมทั้งการสื่อความหมายข้อมูลแบบต่างๆ เช่น ตาราง กราฟ ภาพ เป็นต้น

5. สรุปผล : การแปลผลข้อมูล การอุปนัย การนิรนัย การสรุปผลจากข้อมูล

ชาติรี เกิดธรรม (2547 : 9) ได้แบ่งเป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้ 6 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อเรื่องโครงการ

การเลือกเรื่องโครงการควรเป็นไปตามความสามารถ ความถนัด ความสนใจ และความต้องการของตนเอง การสำรวจและการเลือกเรื่องที่จะทำโครงการ เป็นขั้นตอนแรกของการทำโครงการ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญมาก

หัวข้อที่จะศึกษาคือปัญหาหรือข้อสงสัยที่ผู้ทำโครงการอยากรู้อยากเห็นและต้องการคำตอบซึ่งปัญหาหรือข้อสงสัยที่จะศึกษานั้น อาจหมายถึงเรื่องที่เป็นปัญหาจริง ๆ ที่ประสบในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องก็เพื่อจะได้ข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องที่จะทำการศึกษาซึ่งจะช่วยให้โครงการประสบผลสำเร็จได้มากขึ้น ในขั้นตอนนี้จะรวมไปถึงการขอคำปรึกษา การสอบถามข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เกี่ยวข้อง และยังรวมไปถึงการสำรวจวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำโครงการด้วย

ขั้นที่ 3 การเขียนเค้าโครงของโครงการ

การเขียนเค้าโครงของโครงการ ประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ที่จำเป็น ซึ่งควรประกอบด้วยองค์ประกอบและรูปแบบดังต่อไปนี้

1. ชื่อโครงการ (ควรเป็นข้อความที่กะทัดรัด ชัดเจน ชี้ชัดในเรื่องที่จะทำ ว่าทำอะไร กับใคร อย่างไร)
2. ชื่อผู้ทำโครงการ/ชั้น/ปีการศึกษา
3. ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
4. ระยะเวลาดำเนินงาน (ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มจนเสร็จสิ้น)
5. แนวคิด ที่มาและความสำคัญหรือปัญหา (แนวคิด และที่มาของการทำโครงการเรื่องนี้)
6. หลักการและเหตุผล (เป็นการสืบค้นความรู้ที่เกี่ยวกับเรื่องที่ใช้หลักการหรือทฤษฎีอะไรมาสนับสนุน)
7. จุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ศึกษา (สิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทำโครงการ)
8. สมมติฐานของการศึกษา (ถ้ามี) กรณีเป็นโครงการประเภททดลอง : ข้อตกลง/ข้อกำหนด เพื่อเป็นแนวทางในการพิสูจน์ให้เป็นไปตามที่กำหนด)
9. ขั้นตอนการดำเนินงาน (เป็นการกำหนดว่า ขั้นตอนการดำเนินงาน เครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ สถานที่ ตลอดจนค่าใช้จ่าย)
10. ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ผลที่ต้องการให้เกิดขึ้น)
11. เอกสารอ้างอิง/บรรณานุกรม (เอกสาร ข้อมูลที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการทำโครงการ)

ขั้นที่ 4 การปฏิบัติโครงการ

การปฏิบัติโครงการเป็นการดำเนินงานตามแผนการดำเนินงานที่ได้กำหนดไว้ในเค้าโครงของโครงการ หลังจากที่ได้โครงการได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาหรืออาจารย์ผู้สอนแล้ว ในการปฏิบัติงานตามโครงการต้องปฏิบัติด้วยความรอบคอบ ประหยัด ต้องมีการจดบันทึกข้อมูล

ต่าง ๆ ไว้อย่างละเอียด ซึ่งรวมถึงปัญหา อุปสรรคต่าง ๆ ด้วย ต้องจัดข้อมูลให้เป็นระบบ ระเบียบ เพื่อที่จะได้นำเสนอข้อมูลได้ง่ายและถูกต้อง รวมทั้งเพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงการดำเนินงานในครั้งต่อไป

ขั้นที่ 5 การเขียนรายงาน

ขั้นตอนนี้เป็นการเขียนรายงานสรุปผลรายงานผล การดำเนินโครงการและประเมินผล งานของตนเอง เพื่อให้ผู้อื่นได้ทราบแนวคิด วิธีดำเนินงาน ผลการดำเนินงาน ตลอดจนข้อสรุปว่า ได้ผลตามจุดประสงค์เพียงใด มีข้อบกพร่องอย่างไร และมีข้อสังเกต/แนวคิดที่ได้จากการทำงานนี้ อย่างไร

การเขียนรายงาน ควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย กระชับ ชัดเจนและครอบคลุมประเด็นสำคัญ ของโครงการที่ได้ทำไปแล้ว รูปแบบการเขียนรายงานโครงการที่ทำสำเร็จแล้วให้สมบูรณ์ทำได้ 2 แบบคือแบบง่าย ๆ และเขียนแบบงายวิจัยซึ่งเป็นมาตรฐาน

วิลลศรี สุวรรณรัตน์ (2544 : 20) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ มี 6 ขั้นตอนดังนี้คือ

1. ตั้งปัญหา สมมติฐานเกี่ยวกับปัญหาเพื่อตอบคำถามของปัญหานั้น
2. กำหนดตัวแปรของการสมมติตัวแปรที่สงสัย (ตัวแปรต้น) ผลที่ตามมาจากการสงสัย (ตัวแปรตาม) และจะต้องควบคุมตัวแปรบ้าง เพื่อให้ข้อมูลน่าเชื่อถือ (ตัวแปรควบคุม)
3. ออกแบบเป็นการบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมดให้เป็นรูปธรรมปฏิบัติได้จริง ๆ น่าเชื่อถือ จะใช้ทักษะกระบวนการใดบ้าง ในบางครั้งค้นคว้าต่อไปว่ามีผู้ทดลองแล้วหรือไม่ ผลเป็นอย่างไร นักเรียนจะทดลองต่ออย่างไร มีความสัมพันธ์กันหรือไม่
4. ทดลองคือ การปฏิบัติจริง ซึ่งจะต้องทดลองหลาย ๆ ครั้ง อย่างน้อยต้อง 3 ครั้ง เพื่อจะได้ผลที่น่าเชื่อถือ แต่การทดลองบางครั้งผลการทดลองอาจขัดแย้งกัน ต้องเพิ่มการทดลองให้มากขึ้นเป็น 5 หรือ 10 ครั้ง แล้วใช้วิธีเฉลี่ยข้อมูล หรือเลือกครั้งที่เป็นไปได้มาก เป็นผลการทดลอง ข้อมูลที่ได้ต้องบันทึกและนำเสนอทั้งหมด มิใช่เลือกเอาเฉพาะข้อมูลที่เป็นไปตามสมมติฐานเท่านั้น หากครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนนำเสนอแต่เฉพาะข้อมูลดังกล่าวแล้วจะเป็นข้อผิดพลาดอย่างมาก เพราะอาจสร้างเด็กให้เป็นคนไม่ซื่อสัตย์ ขาดเจตคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์
5. อภิปรายผล นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง นำมาประเมินผล อภิปรายโดยการศึกษา จากเอกสารหลักฐานมาประกอบว่ามีข้อความแตกต่างกันเพราะอะไร นักเรียนจะต้องหาเหตุผลหรือข้อเสนอแนะให้ได้
6. นำเสนอ นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่มาจากความรู้ใหม่ กระบวนการทำงานโดยการเขียนรายงาน และจัดบอร์ด แสดงโครงการวิทยาศาสตร์ที่ได้จัดทำ

จากการศึกษาขั้นตอนในการทำโครงการวิทยาศาสตร์มีหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนไม่ยุ่งยากและซับซ้อน ในการจัดการเรียนรู้ครูผู้สอนต้องกำหนดขั้นตอนให้เหมาะสมกับนักเรียนระดับชั้น และสาระการเรียนรู้ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้รูปแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์ของ พิมพันธ์ เดชะคุปต์, พเยาว์ ยินดีสุข และ ราชน มีศรี (2553 : 25) ; ชาตรี เกิดธรรม (2547 : 9) และ วิมลศรี สุวรรณรัตน์ (2544 : 20) มาสังเคราะห์เป็นกรอบความคิดในการวิจัยมี 6 ขั้นตอนดังนี้คือ

1. กำหนดปัญหาที่ศึกษา เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการเรียนรู้แบบโครงการ กำหนดปัญหาเพื่อหาคำตอบ
2. ตั้งสมมติฐาน(คาดคะเนคำตอบ) เกี่ยวกับปัญหาเพื่อหาคำตอบของปัญหานั้น กำหนดตัวแปรแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม
3. ออกแบบการทดลอง วิชาการศึกษาค้นคว้า
4. ลงมือปฏิบัติรวบรวมข้อมูล การบันทึกข้อมูลเป็นตาราง ความเรียง การบันทึกเป็นตัวเลข การวาดภาพ หรือบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายรูป ฯลฯ
5. วิเคราะห์ข้อมูลสรุปผล วิเคราะห์ผลและสื่อความหมายข้อมูล จากการสังเกต การแยกแยะ การจัดกลุ่ม การจำแนกประเภท การเรียงลำดับ การจัดระบบ การใช้ตัวเลขรวมทั้งการสื่อความหมายข้อมูลแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง กราฟ ภาพ เป็นต้น
6. นำเสนอผลงาน ที่ได้จากการทดลอง นำมาประเมินผลอภิปรายโดยการศึกษาจากเอกสารหลักฐาน มาประกอบว่ามีข้อความแตกต่างกันเพราะอะไร นักเรียนจะต้องหาเหตุผลหรือข้อเสนอแนะให้ได้

2.4 การประเมินผลการเรียนรู้แบบของโครงการ

การประเมินผลเป็นหัวใจของการเรียนการสอน ซึ่งสะท้อนภาพความสำเร็จการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันประเมินผลว่ากิจกรรมที่ทำไปนั้นบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร ปัญหาและอุปสรรคที่พบคืออะไรบ้าง ได้ใช้วิธีการแก้ไขอย่างไร ผู้เรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างจากการทำโครงการ ซึ่งการประเมินผลการเรียนรู้แบบของโครงการมีดังนี้

1. ผู้ประเมินโครงการ อาจดำเนินการด้วยบุคคล ต่อไปนี้
 - 1.1 ผู้เรียนประเมินตนเอง
 - 1.2 เพื่อนช่วยประเมิน
 - 1.3 ผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาประเมิน
 - 1.4 ผู้ปกครองประเมิน

1.5 บุคคลอื่น ๆ ที่สนใจและมีส่วนเกี่ยวข้อง

ผู้เรียนประเมินตนเอง จะแสดงออกให้เห็นว่า ผู้เรียนเจ้าของโครงการ ซึ่งอาจเป็นรายบุคคล หรือกลุ่มทำงาน มีความพึงพอใจต่อขั้นตอนของกิจกรรมแต่ละขั้นที่ได้กำหนดหรือร่วมกันกำหนดขึ้นเองเพียงใด มีหัวข้อกิจกรรมที่ยังขาดตกบกพร่อง จะต้องเพิ่มเติมในส่วนใดบ้าง ความละเอียด รัดกุม ในแต่ละขั้นเป็นอย่างไร

ผู้ประเมินซึ่งเป็นเพื่อนร่วมชั้น อาจให้ข้อคิดและเห็นสะท้อนภาพเพิ่มเติม เช่น ในระดับชั้นประถมศึกษา เพื่อนอาจให้ความเห็นไปในเรื่องของ การเรียน การใช้ตัวสะกด การันต์วรรคตอน ซึ่งเน้นไปในด้านภาษา ระดับชั้นมัธยมศึกษา การประเมินโครงการ อาจเริ่มขยายขอบเขตจากด้านการใช้ภาษา ออกไปถึงการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตั้งชื่อโครงการกับจุดประสงค์ของโครงการ และตามความเข้าใจของผู้ประเมิน เพื่อการพิจารณาการจัดรูปแบบเพื่อนำเสนอโครงการ ฯลฯ

ผู้ประเมินที่เป็นผู้สอน หรือครูที่ปรึกษา อาจให้คำแนะนำเพิ่มเติมได้ในเรื่องวิธีการอื่นที่ใช้ในการศึกษาหาคำตอบ ความสัมพันธ์ของวิชาตามหัวเรื่องที่ศึกษากับวิชาอื่น ข้อค้นพบที่ผู้เรียนได้จากโครงการนำคำตอบของการศึกษาที่ได้ไปใช้ประโยชน์ การนำข้อค้นพบที่ต่างไปจากเป้าหมายของการศึกษาไปใช้ประโยชน์หรือขยายผลการศึกษาเป็นโครงการใหม่ๆ ฯลฯ

ผู้ประเมินที่เป็นพ่อแม่ ผู้ปกครอง จะได้รับทราบถึงความสามารถ ความถนัดในการเรียนรู้ของลูก หรือเด็กในความปกครอง ความรู้สึก ความต้องการของเด็กผู้ทำโครงการ ทำให้สามารถปรับตัวปรับใจ เพื่อการสนับสนุนทั้งด้านการเงิน กำลังใจ ให้โอกาส ให้เวลาร่วมกิจกรรมตามความสนใจของเด็ก ชี้แนะอุปสรรค ปัญหาเบื้องต้น ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม ชั้นต่าง ๆ ของโครงการ ข้อเสนอแนะสำหรับการทำโครงการครั้งต่อไป ฯลฯ (กรมวิชาการ, 2545 : 8)

2. บทบาทครูกับการจัดการเรียนรู้โครงการวิทยาศาสตร์ ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

2.1 ให้คำอธิบาย เพื่อให้ให้นักเรียนได้มีความรู้ ความเข้าใจในการเรียนรู้แบบโครงการ วิทยาศาสตร์ ความหมายของโครงการ ประเภทของโครงการ ขั้นตอนการทำโครงการ การเขียนเค้าโครงย่อของโครงการ และการเขียนรายงานให้สมบูรณ์ ก่อนที่จะให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการ

2.2 เป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ กำกับติดตามการทำงานและประเมินผลโครงการแต่ไม่ควรเป็นผู้คิดขั้นตอนการทำและลงมือทำให้นักเรียน นักเรียนจะต้องคิด วางแผนและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

2.3 เป็นผู้ช่วยเหลือนักเรียนในด้านการพิจารณาเค้าโครงย่อของโครงการ การจัดหาแหล่งความรู้หรือแหล่งเรียนรู้ แหล่งในการศึกษาค้นคว้า รวมถึงวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ

2.4 เป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ อยากรู้อยากศึกษาค้นคว้า เพื่อให้แสดงออกถึงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ผลิตผลงานที่เกิดจากโครงการได้ด้วยตนเอง อีกทั้งให้การสนับสนุนให้กำลังใจและฝึกนักเรียนมีความอดทนต่อการทำงาน และสามารถแก้ไขปัญหาในการทำงานได้

2.5 ดูแลนักเรียนระหว่างทำโครงการในเรื่องความสะดวก ปลอดภัยในการทำโครงการจะต้องชี้แจงและให้คำแนะนำด้วย

2.6 เป็นผู้แนะนำให้นักเรียนเขียนรายงานโครงการ การจัดผังแสดงโครงการ การจัดทำข้อมูลอย่างถูกต้อง บทบาทครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 5 ระยะดังนี้

2.6.1 ระยะเริ่มโครงการ หมายถึง ระยะที่นักเรียนได้หัวข้อเรื่องโครงการ ครูที่ปรึกษาควรปฏิบัติดังนี้

2.6.1.1 พิจารณาความเป็นไปได้ของเรื่อง โดยดูว่าโครงการของนักเรียนที่เสนอนั้นจะมีทางทำสำเร็จหรือไม่ กรณีที่โครงการมีความเป็นไปได้น้อย ครูที่ปรึกษาอาจแนะนำให้เปลี่ยนเรื่องใหม่

2.6.1.2 ขยายขอบเขตของเรื่องให้กว้างขึ้น กรณีที่เสนอเรื่องที่แคบเกินไป

2.6.1.3 แนะนำเอกสารและแหล่งค้นคว้าให้นักเรียนหรือหาจากแหล่งภายนอกอื่น

2.6.1.4 เสนอแนะวิธีการวางแผน และการเขียนเค้าโครงย่อ

2.6.1.5 ตรวจสอบเค้าโครงย่อ ครูควรตรวจสอบจุดสำคัญ เช่น

2.6.1.5.1 จุดมุ่งหมาย เขียนถูกต้องสอดคล้องกับความต้องการที่จะศึกษาหรือไม่

2.6.1.5.2 โครงการประเภทสำรวจ ควรดูรายละเอียดดังนี้

2.6.1.5.2.1 มีการกำหนดขอบเขตที่จะศึกษาหรือไม่

2.6.1.5.2.2 เครื่องมือที่ใช้เหมาะสมหรือไม่

2.6.1.5.2.3 ระยะเวลาที่ใช้เหมาะสมหรือไม่

2.6.1.5.2.4 ช่วงเวลาที่ศึกษาเหมาะสมหรือไม่

2.6.1.5.2.5 ออกแบบตารางบันทึกผลเหมาะสมหรือไม่

2.6.1.5.3 โครงการประเภททดลอง ควรดูรายละเอียดดังนี้

2.6.1.5.3.1 มีตัวแปรต้นตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมหรือไม่

2.6.1.5.3.2 กำหนดตัวแปรต้นหรือไม่

2.6.1.5.3.3 เกณฑ์ที่ใช้วัดตัวแปรตามเหมาะสมหรือไม่

2.6.1.5.3.4 เครื่องมือที่ใช้วัดเหมาะสมหรือไม่

2.6.1.5.3.5 ตัวแปรที่ต้องควบคุมกำหนดหรือไม่

2.6.1.5.3.6 ระยะเวลาที่ศึกษาเพียงพอหรือไม่

2.6.1.5.3.7 ออกแบบตารางบันทึกผลเหมาะสมหรือไม่

2.6.2 ระยะเวลาปฏิบัติ หมายถึง ระยะที่นักเรียนจัดเตรียมอุปกรณ์ไปจนถึงระยะสิ้นสุดของการศึกษาหรือการทดลอง ครูที่ปรึกษาควรปฏิบัติดังนี้

2.6.2.1 จัดสถานที่สำหรับทำโครงการให้เป็นสัดส่วนเพราะบางที่ต้องใช้เวลาหลายวันซึ่งถ้าไม่มีสถานที่อาจใช้มุมใดมุมหนึ่ง

2.6.2.2 จัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีต่าง ๆ ที่จำเป็นในการทำโครงการให้กับนักเรียนและให้นักเรียนรับผิดชอบ บางครั้งจำเป็นต้องมีการไปยืมจากแหล่งอื่น

2.6.2.3 ชี้แจงการใช้ห้องปฏิบัติการ การใช้เครื่องมือ อุปกรณ์และอันตรายจากการใช้เครื่องมือ

2.6.2.4 ควรฝึกเทคนิคบางประการที่จำเป็นต้องใช้กับโครงการให้เกิดความชำนาญในการทำโครงการ

2.6.2.5 ติดตามผลการปฏิบัติงานของนักเรียนสม่ำเสมอ เนื่องจากการทำโครงการ ส่วนใหญ่ทำนอกเวลาเรียน ดังนั้นครูที่ปรึกษาจึงต้องมีเวลาคอยควบคุมดูแลการทำโครงการของนักเรียน แต่ถ้าครูที่ปรึกษามีเวลาน้อยก็ใช้วิธีการติดตามผล โดยให้นักเรียนเสนอผลการศึกษาเป็นระยะ ๆ ต่อครูที่ปรึกษาอย่างน้อยสัปดาห์ละหนึ่งครั้ง

2.6.2.6 ให้กำลังใจนักเรียนในระหว่างที่ดำเนินการทำโครงการอยู่ เสริมสร้างกำลังใจเพื่อไม่ให้เกิดความท้อแท้

2.6.3 ระยะเวลาสิ้นสุด หมายถึง ระยะที่ทำการศึกษาหรือทดลองเสร็จสิ้นให้นักเรียนนำเสนอครูที่ปรึกษา โดยครูที่ปรึกษาดำเนินการดังนี้

2.6.3.1 แนะนำวิธีการจัดกระทำข้อมูล เช่น การออกแบบตาราง นำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ยแปลความหมายข้อมูล

2.6.3.2 เสนอแนะวิธีการเขียนรายงาน โดยมีตัวอย่างประกอบ

2.6.3.3 ตรวจรายงานพร้อมแก้ไขให้กับนักเรียน เนื่องจากนักเรียนยังขาดประสบการณ์ในการเขียนเมื่อตรวจแก้ไขเสร็จให้นักเรียนนำไปเขียนใหม่แล้วส่งกลับมาให้ครูตรวจอีกครั้งหนึ่ง

2.6.4 เตรียมการเสนอผลงานเพื่อจัดแสดง หรือส่งประกวด

2.6.4.1 จัดทำแผงสำหรับแสดงโครงการ

- 2.6.4.2 เสนอแนะวิธีนำแผ่นโปสเตอร์แสดงโครงการ เพื่อติดบนแผงแสดง
โครงการ
- 2.6.4.3 เสนอแนะการเตรียมอุปกรณ์ ผลการทดลองที่เป็นชิ้นงาน
- 2.6.4.4 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อความ
- 2.6.4.5 ฝึกให้นักเรียนอธิบายปากเปล่าในเรื่องโครงการที่นักเรียนทำ
เพื่อให้เกิดความมั่นใจ
- 2.6.4.6 ในแต่ละปีการศึกษาครูที่ปรึกษาควรรวบรวมรายงานโครงการไว้
เพื่อใช้เป็นตัวอย่างและแนวทางในการทำโครงการ
- 2.6.5 ระยะเวลาแสดงผลงานการแสดงผลงานในที่นี้ หมายถึง การแสดงผลงานใน
งานนิทรรศการ หรือการประกวดโครงการ ครูที่ปรึกษาควรปฏิบัติดังนี้
- 2.6.5.1 ดูแลความเรียบร้อยในการติดตั้งแผงอุปกรณ์และชิ้นงาน
- 2.6.5.2 สร้างความมั่นใจให้กับนักเรียน โดยอาจให้นักเรียนซักซ้อมการ
อธิบายโครงการอีกครั้งก่อนการแสดงต่อหน้าผู้ชม หรือกรรมการตัดสินโครงการ
- 2.6.5.3 ให้กำลังใจนักเรียนในขณะที่นักเรียนแสดงโครงการ โดยคอยอยู่ห่างๆ
ข้อควรคำนึงโครงการที่นักเรียนทำต้องไม่ยากเกินไป เพราะอาจจะทำให้นักเรียนท้อแท้ และ
ระยะเวลาที่ทำโครงการไม่ควรยาวนานเกินไป เพราะจะทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย พยายามทำให้
นักเรียนทำโครงการสำเร็จทุกขั้นตอนโครงการที่ทำไม่ต้องใช้งบประมาณมาก และควรคำนึงถึง
ความปลอดภัย (กรมวิชาการ. 2545 : 1-18)

3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

กระบวนการเรียนการสอนเน้นการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) จะเป็นการพัฒนา
ให้ผู้เรียนได้รับความรู้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ปลูกฝังให้นักเรียนใช้ความคิด
ของตนเอง สามารถเสาะหาความรู้ หรือวิเคราะห์ข้อมูลได้

3.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (กพ เลขาไพบูลย์. 2534 : 119-
120) ได้เสนอแนะขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การอภิปรายเพื่อนำสู่การทดลอง
2. การทดลอง
3. การอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง

ครูวิทยาศาสตร์จะพบขั้นตอนทั้ง 3 ขั้นตอนนี้ ในคู่มือครูวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2521 และหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2524 ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533 หลังจากที่ใช้หลักสูตรมานาน แม้ว่าจะเน้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตลอดเวลาในการสอนยังพบว่านักเรียนขาดทักษะการคิด สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระบุว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อเทียบกับนานาชาตินักเรียนของไทย ได้คะแนนเฉลี่ยค่อนข้างต่ำทำข้อสอบภาคทฤษฎีได้ แต่ทำข้อสอบภาคปฏิบัติไม่ได้ นักการศึกษาจึงมองแนวทางจัดการเรียนรู้แนวใหม่ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้แบบสรุ้สร้างความรู้ (Constructivism) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนเอง โดยครูเป็นผู้กระตุ้นผู้อำนวยความสะดวก ชักถามและจัดสถานการณ์ให้เหมาะสมกับความรู้เดิมของผู้เรียนและยึดตามแนวทางของนักศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ซึ่งได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้เป็น 5 ขั้นตอน (สมบัติ กาญจนารักษ์พงศ์ และคณะ. 2549 : 4-5 ; อ้างอิงจาก นันทิยา บุญเคลือบ และคณะ. 2540. แนวคิดในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์. หน้า 44) คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน แต่ครูทั่วไปยังไม่นิยมนำไปใช้จนกระทั่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เผยแพร่เมื่อประกาศใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2544 โดยเรียกว่าวิธีการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry cycle)

3.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

นักการศึกษาและนักวิชาการได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2540 : 119) การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการในการแสวงหาความรู้ ที่ช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเอง

รัตนา ภูคาบเพชร (2542 : 16) การสืบเสาะ หมายถึง กระบวนการค้นหาคำตอบด้วยปัญหาโดยผ่านกระบวนการทำ (Process of doing) และกระบวนการคิด (Process of thinking) คำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่สมเหตุสมผล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545 : 147) การสืบเสาะเป็นกระบวนการต่อเนื่องกันไป เพื่อแก้ปัญหา เพื่อได้ความซึ่งเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ต่อไป

มานะ กลางชมพู (2546 : 20) การสืบเสาะ (Inquiry) หมายถึง กระบวนการค้นหาคำตอบจากปัญหาโดยผ่านการกระทำ (Process of doing) และ กระบวนการคิด (Process of thinking) คำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่สมเหตุสมผล

จากที่กล่าวมาทั้งหมดสรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการหนึ่งที่มีมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูมีหน้าที่เพียงจัดสภาพการเรียนการสอนให้เอื้อต่อกระบวนการที่จะคิดแก้ปัญหาโดยใช้คำถาม การทดลอง เป็นสื่อการสอนในลักษณะนี้สิ่งสำคัญประการหนึ่งคือ ครูจะต้องสร้างแรงจูงใจและทำให้ห้องเรียน มีบรรยากาศอิสระเพื่อการซักถามและอภิปราย ดังนั้นกล่าวได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการสอนแบบส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาได้

3.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

วินชิตีและบัทเทเมอร์ (Windschiti & Buttemer. 2000 : 32 ; อ้างอิงจาก Nation Science Education. 1996. **Benchmarks for Science Literacy.** p.93) ได้กล่าวถึงกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เบื้องต้น โดยอาศัยความรู้เดิมของผู้เรียนเป็นหลักแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ

1. การตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่สงสัยใคร่รู้หรือการระบุปัญหา
2. การสืบเสาะหาความรู้เพื่อตอบคำถาม
3. การวิเคราะห์และอธิบายสิ่งที่ค้นพบอย่างสมเหตุสมผล

แต่ละขั้นตอนมีความสำคัญ แต่ขั้นตอนที่สำคัญที่สุดน่าจะเป็นการวิเคราะห์และอธิบายสิ่งที่ค้นพบ เพราะขั้นนี้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้หรือแนวคิดขึ้นมาใหม่ โดยอ้างอิงถึงหลักฐานข้อมูลที่รวบรวมได้จากการสังเกตหรือทดลอง และเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่มีอยู่เดิมกับการสรุปที่ได้จากการค้นพบอย่างสมเหตุสมผล

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542 : 154-155) ได้แบ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็น 3 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจสถานการณ์ต่าง ๆ ได้แก่ วัสดุ ปรากฏการณ์ หากอธิบายทั่วไป และตั้งสมมติฐาน เสนอแนะการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างรูปแบบแนวคิด หลักการต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการสืบค้นหาความรู้เมื่อได้มี โนมติ หลักการต่าง ๆ แล้วก็ทำการขยายแนวคิดหรือหลักการไปใช้ในสถานการณ์ใหม่โดยเริ่มทำการสำรวจใหม่อีกเป็นวงจรของการเรียนรู้ (Learning cycle) ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิธีที่จะเรียน (Learning how to learn)

ไสว พักขาว (2544 : 102-104) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเสนอสถานการณ์หรือสิ่งที่เป็นปัญหาโดยครูอาจเล่าเรื่องโดยใช้สื่ออุปกรณ์ ภาพประกอบหรือหน้าจอจริงมาแสดงก็ได้

ขั้นที่ 2 สังเกต ครูให้นักเรียนสังเกตสิ่งที่ครูนำเสนอ โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 หรืออาจใช้เครื่องมือบางอย่างช่วยก็ได้

ขั้นที่ 3 อธิบาย ครูให้นักเรียนคิดสาเหตุของปัญหาแล้วตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับปัญหานั้น จากความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน

ขั้นที่ 4 ทดสอบ ครูให้นักเรียนช่วยกันตั้งคำถามเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาให้มากที่สุด เพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยครูจะไม่พยายามตอบคำถามในลักษณะที่จะอธิบายคำตอบของปัญหา แต่อาจตอบเพียง "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" เท่านั้น นอกจากการถามแล้ว ครูอาจให้นักเรียนศึกษาหรือทำการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานด้วยก็ได้ ในกรณีที่เรื่องไม่ยุ่งยาก และใช้เวลาไม่มาก

ขั้นที่ 5 สรุป ครูให้นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้จากขั้นทดสอบ เพื่ออธิบายคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 6 นำความรู้ไปใช้ ครูกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547 : 14-16) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. สร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม หรืออาจเริ่มจากความสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยนำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้นและมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจ จะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. **ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจ ตรวจสอบ แล้วจึงนำข้อมูล ข้อสนเทศ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มาก ก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. **ชั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2545 : 41-43) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. สร้างความสนใจ

1.1 จัดสถานการณ์หรือเรื่องราวที่น่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกต สงสัย

1.2 กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

2. สำรวจและค้นหา

2.1 ผู้เรียนวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐานแลกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้

2.2 ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเพื่อรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการสำรวจตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น การทดลองการทำกิจกรรมภาคสนาม การศึกษาข้อมูลจากแหล่งเอกสารอ้างอิงหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอสรุปสิ่งที่คาดว่าจะเป็นการคำตอบของปัญหา

3. อธิบายและลงข้อสรุป

3.1 ผู้เรียนนำเสนอข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลในรูปแบบต่าง ๆ

3.2 การค้นพบในขั้นนี้อาจสนับสนุนหรือโต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ตั้งไว้ แต่ไม่ว่าจะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขยายความรู้

นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายเหตุการณ์อื่น ๆ

5. ประเมิน

เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

จากขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่ได้กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิธีหนึ่งตามคู่มือครูที่กำหนดโดยสถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อาจใช้วิธีในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยรูปแบบอื่น ๆ อีก เช่น การค้นหา รูปแบบ การจำแนกประเภทและการระบุชื่อ การสำรวจและการค้นหา การพัฒนาระบบเป็นต้น การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้นั้นไม่ตายตัว ครูผู้สอนต้องนำมาบูรณาการ หรือเลือกใช้ให้เหมาะสมกับนักเรียน สภาพแวดล้อม จุดประสงค์การเรียนรู้ ตลอดจนเนื้อหาสาระ การเรียนรู้แต่ละครั้ง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีหลายขั้นตอน ที่ใช้ในการ วิจัยครั้งนี้ผู้วิจัย ได้เลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ของสถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว เพราะเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการ พัฒนามาแล้ว ซึ่งเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน และได้พัฒนาทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์อีกด้วย

3.4 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

คาลลาฮาน (Callahan. 1991 : 261-262) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ครูมีหน้าที่ให้คำแนะนำกับนักเรียนเรียนมากกว่าบอกให้นักเรียนทำตาม
2. ครูตั้งคำถาม เลือกประเด็นที่น่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเรียนคิดและพยายาม ค้นหาคำตอบ
3. ในขณะที่นักเรียนค้นหาคำตอบ ครูควรแนะนำในการค้นพบโดยหาความชัดเจนกับ ปัญหา
4. ครูพยายามสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนที่เป็นการส่งเสริมการสร้างข้อคาดการณ์ การตั้งข้อสงสัยและการคิดแก้ปัญหา
5. สนับสนุนให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบ สมมติฐานด้วยตนเอง

6. ช่วยนักเรียนในการวิเคราะห์และประเมินความคิดของตนเอง โดยเปิดโอกาสให้มีการอภิปรายเปิดในชั้นเรียน และพยายามกระตุ้นให้นักเรียนพยายามคิดโดยไม่มีการข่มขู่ เมื่อคำตอบไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง

กระทรวงศึกษาธิการ (2544 : 36) กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ครูจะต้องจัดสภาพแวดล้อม สถานการณ์หรือสิ่งเร้าต่าง ๆ ที่เป็นปัญหาให้นักเรียนได้ฝึกสังเกต เปรียบเทียบ จนเห็นปัญหาและเกิดความสงสัยใคร่รู้
2. ครูกระตุ้นให้นักเรียนหาสาเหตุของปัญหานั้นด้วยการตั้งคำถาม
3. ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานเชิงทำนายแล้วพิสูจน์ แล้วให้นักเรียนช่วยกันสรุป
4. ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำหลักการและกฎเกณฑ์ที่ค้นพบไปใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดการควบคุมและสร้างสรรค์สิ่งแวดล้อมในสภาพการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง

3.5 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 156-157) ได้กล่าว ถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา
2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิด และฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อีกด้วย
3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการจัดการเรียนรู้
4. นักเรียนสามารถเรียนรู้โมติ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น
5. นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

จากคำกล่าวของ ภพ เลหาไพบูลย์ สอดคล้องกับ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544 : 60-61) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญา คือ ฉลาดขึ้นเป็นนักริเริ่มสร้างสรรค์และนักจัดระเบียบ
2. การค้นพบด้วยตัวเองทำให้เกิดแรงจูงใจภายในมากกว่าการเรียนแบบท่องจำ
3. ฝึกให้นักเรียนรู้วิธีค้นหาความรู้แก้ปัญหาด้วยตนเอง
4. ช่วยให้อจดจำความรู้ได้นาน และสามารถถ่ายโยงความรู้ได้

5. นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการจัดการเรียนรู้ จะทำให้การเรียนมีความหมายเป็นการเรียนที่มีชีวิตชีวา

6. ช่วยพัฒนามโนทัศน์แก่ผู้เรียน

7. พัฒนาให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

8. ช่วยให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นว่าจะทำการสิ่งใด ๆ จะสำเร็จด้วยตนเอง สามารถคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค

9. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

10. ได้ประสบการณ์ตรงฝึกทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์

11. สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ และปฏิบัติได้ด้วยตนเอง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและจดจำได้มีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่าข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา นักเรียนรู้วิธีค้นหาความรู้ แก้ปัญหาด้วยตนเอง

จากการศึกษาหลักการและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์และแบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งมีข้อเปรียบเทียบกันดังนี้

ตาราง 1 ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์และแบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
หลักการ	หลักการ
1. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนมีส่วนร่วม	1. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการถามคำถาม
2. สร้างความรู้ใหม่ขึ้นจากการกระทำ และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น	นักเรียนและให้นักเรียนถามคำถามมากกว่าการเรียนรู้จากที่ครูสอน
3. ความรู้ใหม่ได้มาจากสิ่งที่สัมพันธ์กับความรู้ที่มีมาก่อนอย่างไม่เป็นทางการ	2. กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ตลอดเวลา
องค์ประกอบหลัก	องค์ประกอบหลัก
1. เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	1. การเลือกหัวข้อเรื่อง ปัญหา กลุ่มผู้ฟังและวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ตาราง 1 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
<p>2. นักเรียนเป็นผู้ริเริ่มและเลือกเรื่องที่จะศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเองตามความสนใจตามระดับความรู้ความสามารถ</p> <p>องค์ประกอบหลัก</p> <p>3. เป็นกิจกรรมที่มีการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปช่วยศึกษาค้นคว้าเพื่อตอบปัญหาที่สงสัย</p> <p>4. นักเรียนเป็นผู้ศึกษาค้นคว้า ตลอดจนการดำเนินการปฏิบัติการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูล หรือประดิษฐ์คิดค้น รวมทั้งการแปลผลสรุปผลและเสนอผลการวิจัยค้นคว้าด้วยตนเอง โดยมีครูอาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิให้คำปรึกษา</p> <p>ขั้นตอน</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. กำหนดปัญหา 2. ตั้งสมมติฐาน 3. ออกแบบการทดลอง วิธีศึกษาค้นคว้า 4. ลงมือปฏิบัติ รวบรวมข้อมูล 5. วิเคราะห์ สรุปผล 6. นำเสนอผลงาน <p>จุดเด่น</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เริ่มจากปัญหา การค้นคว้า สมมติฐาน การทดสอบ และการสรุป 2. พัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอน 	<p>2. การนิยามปัญหา การระบุคำถามหรือประเด็นสำคัญ</p> <p>องค์ประกอบหลัก</p> <p>3. การดำเนินการสืบเสาะหาความรู้ด้วยวิธีต่างๆ เช่นการทดลอง สอบถาม สัมภาษณ์ หรือสังเกตจากแหล่งเรียนรู้จริง</p> <p>4. สรุปผลการสืบเสาะหาความรู้และเตรียมนำเสนอด้วยแผนภูมิ กราฟ วิธีอื่นๆ ฯลฯ</p> <p>ขั้นตอน</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. สร้างความสนใจ 2. สำรวจและค้นหา 3. อภิปรายและลงข้อสรุป 4. ขยายความรู้ 5. ประเมิน <p>จุดเด่น</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา

ตาราง 1 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
<p>4. ช่วยให้อาจจำความรู้ได้นาน และสามารถถ่ายโยงความรู้ได้</p> <p>5. กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการจากสิ่งที่เกิดขึ้นจริงจากธรรมชาติ</p> <p>ข้อจำกัด</p> <p>1. ครูผู้สอนต้องมีความรู้เรื่องโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี</p>	<p>2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้สถานการณ์ใหม่อีกด้วย</p> <p>จุดเด่น</p> <p>3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน</p> <p>4. นักเรียนสามารถเรียนรู้มนต์ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น</p> <p>5. นักเรียนจะเป็นผู้มีความคิดที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์</p> <p>ข้อจำกัด</p> <p>1. ใช้เวลามาก</p> <p>2. ใช้งบประมาณมาก</p>

จากการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ และแบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์มีจุดเด่น คือ พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ พัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ช่วยให้อาจจำความรู้ได้นาน และสามารถถ่ายโยงความรู้ได้ กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการจากสิ่งที่เกิดขึ้นจริงจากธรรมชาติ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ส่วนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีจุดเด่นคือให้ผู้เรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติ และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้

4. ความคิดสร้างสรรค์

4.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา (2545 : 16) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์ คือความคิดที่มุ่งแก้ปัญหาหรือประดิษฐ์คิดค้นในแนวทางที่แปลกใหม่แตกต่างจากเดิมและมีคุณค่าเป็นประโยชน์

ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์ (2546 : 7) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์หมายถึงความสามารถของสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายแง่มุม เรียกว่าความคิดแบบอเนกนัย ซึ่งทำให้เกิดความคิดแปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิม เป็นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ รอบตัวเกิดการเรียนรู้ เข้าใจจนเกิดปฏิกิริยาตอบสนองให้เกิดความคิดเชิงจินตนาการ ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ อันจะนำไปสู่สิ่งประดิษฐ์หรือคิดค้นสิ่งแปลกใหม่หรือเพื่อการแก้ไขปัญหา ซึ่งต้องอาศัยการบูรณาการจากประสบการณ์และความรู้ทั้งหมดที่ผ่านมา

วนิช สุธารัตน์ (2547 : 164) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง เป็นความคิดที่ต่อเนื่องจากจินตนาการ โดยมีลักษณะความคิดที่แตกต่างไปจากความคิดของบุคคลอื่น โดยอาศัยพื้นฐานจากประสบการณ์เดิม คือ ความรู้ ข้อมูลข่าวสารการศึกษา เหตุผล และการใช้ปัญญาในการจัดสร้างรูปแบบความคิด ในลักษณะใหม่อาจแสดงออกมาเป็นรูปธรรมอย่างชัดเจนหรือมีลักษณะเป็นนามธรรม ซึ่งจะเป็นพื้นฐานให้มีความคิดเชื่อมโยงจนเกิดความประจักษ์ชัดและก่อให้เกิดเป็นผลงานทางศิลปะและวิทยาการสาขาต่างๆรวมทั้งผลงานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นประโยชน์แก่สังคม ประเทศชาติ และมนุษยชาติ

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และดารุณี คำวัจจน์ (2549 : 74) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง จินตนาการประยุกต์ที่สามารถนำไปสู่สิ่งประดิษฐ์คิดค้นใหม่ทางเทคโนโลยีเป็นความคิดในลักษณะที่คนอื่นคาดไม่ถึง เป็นความคิดที่หลากหลาย คิดได้กว้างไกลเป็นได้ทั้งปริมาณและคุณภาพ

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถทางการคิดแต่ละบุคคล ในการเกิดความคิดที่แตกต่างไปจากผู้อื่น คิดอย่างหลากหลาย คิดไม่ซ้ำแบบเดิมเพื่อแก้ปัญหาที่เผชิญหรือสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ

4.2 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์

พรณี เกษกมล (2534 : 75) ได้กล่าวถึงความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทำให้เกิดความเจริญก้าวหน้าทางวิชาการ การค้นพบสิ่งแปลกใหม่ไม่ว่าจะเป็นด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ศิลปะ อุตสาหกรรม ย่อมเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศ ทำให้เกิดความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน มีประโยชน์ต่อสังคมทำให้เกิดรายได้แก่ประเทศซึ่งสอดคล้องกับความคิดของ อารี พันธุ์มณี (2547 : 1) ที่กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ และเป็นปัจจัยที่จำเป็นอย่างยิ่งในการส่งเสริมความ

เจริญก้าวหน้าของประเทศชาติ ประเทศใดก็ตามที่สามารถแสวงหา พัฒนา และดึงเอาศักยภาพเชิงสร้างสรรค์ของคนในประเทศชาติออกมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากเท่าใด ก็ยังมีโอกาสพัฒนาความเจริญก้าวหน้าได้มากขึ้นเท่านั้น ดังจะเห็นได้จากประเทศพัฒนาทั้งหลายซึ่งจัดเป็นประเทศผู้นำของโลก ทั้งนี้เพราะประเทศดังกล่าวมีประชากรที่มีความคิดสร้างสรรค์ผลงานแปลกใหม่เป็นประโยชน์เอื้ออำนวยความสะดวกสบายเหมาะสมกับสถานการณ์

ทองคุณ หงส์พันธ์ (2534 : 53-54) ได้กล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์ว่ามีคุณค่าทั้งต่อสังคมและต่อตนเอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. คุณค่าต่อสังคมก่อให้เกิดความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและวิทยาการในสาขาต่าง ๆ ช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทำให้ผู้คนดำรงชีวิตอย่างสงบสุขช่วยทำให้ค้นพบสิ่งแปลก ๆ ใหม่ ๆ ที่มีคุณประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตช่วยให้สังคมมีความเจริญก้าวหน้า เกิดการพัฒนาช่วยให้เกิดความสะดวก อำนวยประโยชน์สุขต่อทุกคนช่วยให้เกิดรายได้แก่ประเทศชาติ

2. คุณค่าต่อตนเองทำให้ผู้สร้างสรรค์มีความพึงพอใจ มีความสุข พัฒนาบุคลิกภาพในด้านความมั่นใจในตนเองสามารถเผชิญปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพช่วยให้บุคคลประสบความสำเร็จทั้งในด้านครอบครัวและหน้าที่การงานช่วยให้ปรับตัวเข้ากับสังคมได้ดี

จากการศึกษาความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์สามารถสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์นั้น มีคุณค่าและมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งต่อตนเองและต่อสังคม ดังนั้นครูหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับนักเรียนควรช่วยกันส่งเสริมและดึงเอาศักยภาพเชิงสร้างสรรค์มาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด จะช่วยให้นักเรียนดำรงชีวิตอยู่ในสังคมต่อไป จากความสำคัญดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่สำคัญและควรปลูกฝังและส่งเสริมตั้งแต่ยังเด็ก

4.3 พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์

ทอแรนซ์ (Torance. 1963 : 160-161) ได้ศึกษาพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ของเด็กแรกเกิดจนถึงระยะวัยรุ่นตอนปลาย โดยสังเกตจากพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เด็กแสดงออกในแต่ละช่วงอายุ และพบว่าพฤติกรรมหลาย ๆ อย่างที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์โดยแบ่งเด็กออกเป็น 9 ช่วงอายุ ดังต่อไปนี้ (วนิช สุธารัตน์. 2547 : 45-47 ; อ้างอิงจาก Torance. 1963. **Education and the Creative Potential.** pp. 160-161)

พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ของเด็กแรกเกิดจนถึงระยะวัยรุ่นตอนปลาย โดยสังเกตจากพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เด็กแสดงออกในแต่ละช่วงอายุ และพบว่าพฤติกรรมหลาย ๆ อย่างที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์โดยแบ่งเด็กออกเป็น 9 ช่วงอายุ ดังตารางแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับพฤติกรรมในทางสร้างสรรค์ของเด็กตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวัยรุ่น

อายุ (ปี)	พฤติกรรมในทางสร้างสรรค์
0-2	เริ่มต้นสัมผัสสิ่งต่างๆ ด้วยความอยากรู้อยากเห็น ด้วยวิธีการก๊อบก๊อลานไปจับต้องดูและชิม ถือว่าเป็นวัยเริ่มต้นของนักสำรวจ
2-4	มีความต้องการเป็นอิสระ และต้องการทำสิ่งต่างๆด้วยตนเอง มีความอยากรู้อยากเห็นสิ่งต่างๆ ในสภาพแวดล้อมมากขึ้นกว่าเดิม การสำรวจการใช้ประสาทสัมผัส
4-6	ในวัยนี้จะกระทำได้อย่างกว้างขวางมากขึ้นเนื่องจากเด็กเดินได้คล่องแล้ว นอกจากนี้ความเจริญทางการใช้ภาษาทำให้เด็กสามารถใช้ภาษาในการซักถาม ทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจสิ่งต่างๆมากขึ้น
6-8	เริ่มมีการพัฒนาทักษะการคิด สามารถคิดคาดการณ์ล่วงหน้าได้ ชอบทดลองสิ่งต่างๆ ในลักษณะของการเล่นเชิงจินตนาการ มีการเรียนรู้ในลักษณะการค้นหาลักษณะของความเหมาะสม และความถูกต้อง
8-10	ความคิดจินตนาการจะค่อยๆปรับเข้าสู่โลกแห่งความเป็นจริงมากขึ้นมีความรู้สึกรักสนุกกับการทำงาน การบ้าน การเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากประสบการณ์หรือสถานการณ์การเรียนรู้นั้นมีลักษณะท้าทายและน่าสนใจ
12-14	เด็กชอบทำงานที่ต้องใช้ความสนใจ และใช้ความพยายามที่จะทำสิ่งต่างๆอย่างต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาาน โดยที่การทำงานจะต้องระดมความสามารถหลายๆด้านมาใช้ได้ ค้นพบความสามารถเฉพาะตัวในการทำงานอย่างสร้างสรรค์และชอบตั้งคำถามในลักษณะแปลก ๆ มากขึ้น

ตาราง 2 (ต่อ)

อายุ (ปี)	พฤติกรรมในทางสร้างสรรค์
14-16	เป็นวัยที่เด็กชอบกิจกรรมโลดโผน ตื่นเต้น ระทึกใจ หรือเสี่ยงภัย เด็กที่มีความสามารถทางด้านจินตนาการ จะสามารถเรียนรู้สร้างสรรค์งานทางด้านศิลปะ ดนตรี และความสามารถเชิงช่างด้านต่าง ๆ ได้ดี
16-18	มีความต้องการที่จะทำกิจกรรมต่าง ๆ อย่างอิสระเสรีและสร้างสรรค์โดยไม่ต้องติดขัดอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์ ระเบียบ หรือการควบคุมใดๆ สนใจในสิ่งใหม่ๆ หรือสิ่งๆ ที่ตนเองไม่เคยประสบมาก่อนเป็นวัยที่เหมาะสมสำหรับการรับข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับอาชีพ สามารถรับรู้และเข้าใจความเป็นไปทางสังคมตามสภาพที่เป็นจริง ได้มากขึ้น สามารถแก้ปัญหาและมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่มด้วยความสนใจ และทุ่มเท

จากตาราง 2 แนวความคิดของทอแรนซ์มีจุดเน้นเรื่องพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ของเด็กว่า พฤติกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ของเด็กว่า พฤติกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ตั้งแต่แรกเกิด โดยพฤติกรรมต่างๆ จะมีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงตามอายุของเด็กที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนกระทั่งช่วงอายุ 12-14 ปี เป็นช่วงของวัยที่เด็กชอบกิจกรรมโลดโผน ตื่นเต้นระทึกใจ หรือเสี่ยงภัย อาศัยความสนใจและใช้ความพยายามต่อเนื่องอย่างยาวนานได้ ตลอดจนสามารถระดมความสามารถต่าง ๆ ที่มีอยู่มาใช้รวมทั้งค้นพบวิธีการที่จะใช้ความสามารถเฉพาะตัวในการทำงานอย่างสร้างสรรค์เป็นช่วงอายุแรกเริ่มที่เด็กสามารถปรับผันความคิดสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี จึงเป็นโอกาสต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้สูงขึ้น

สรุปได้ว่าพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์มีการพัฒนาการและเปลี่ยนแปลงตามอายุของเด็กที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนกระทั่งช่วงอายุ 12-14 ปี เป็นช่วงอายุแรกเริ่มที่เด็กสามารถปรับผันความคิดสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี จึงเป็นโอกาสต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ จึงใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้เหมาะสมกับพัฒนาการของนักเรียน โดยเฉพาะช่วงอายุ 12-14 ปี ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

4.4 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นลักษณะที่ซับซ้อนของมนุษย์ เป็นความสามารถทางสมองที่ไม่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน นักจิตวิทยาและนักการศึกษาจึงได้อธิบายลักษณะที่บุคคลแสดงออกมาจัดเป็นองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์เพื่อให้สามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ได้ ซึ่งมีนักจิตวิทยาได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

กิลฟอร์ด (Guilford. 1967 : 145-151) เชื่อว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดอเนกนัย (Divergent thinking) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดคำตอบได้อย่างรวดเร็ว มีปริมาณมาก ในเวลาที่จำกัด และไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน ความคิดคล่องมีความสำคัญในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า นั่นคือการความรวดเร็วและคิดหาวิธีแก้ไขได้หลายวิธี

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง เป็นความคิดที่สามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างทันทีทันใด

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ ความคิดริเริ่มอาจจะเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลงและประยุกต์ให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้น

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอนสามารถอธิบายให้เป็นภาพได้ชัดเจน ซึ่งความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่งหรือขยายความคิดเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์มากขึ้น

ทอแรนซ์ (Torrance. 1973 : 91-95) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ในรูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยเน้นความคิดสร้างสรรค์ใน 3 องค์ประกอบ คือ

1. ความคิดคล่องแคล่ว หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการผลิตความคิดได้หลากหลายเพื่อตอบต่อคำถาม ไม่ว่าจะเป็ความคิดทางภาษาหรือท่าทาง

2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถในการกระทำต่อปัญหาได้หลากหลาย คิดได้หลากหลาย และสามารถแปลงความรู้ หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ได้หลายด้าน

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ ความคิดริเริ่มอาจจะเกิดจากการเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลงและประยุกต์ให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้น

สรุปได้ว่าองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์มีหลายลักษณะ จากการค้นคว้าของ กิลฟอร์ด ส่วนใหญ่จะใช้เพียง 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ทั้งนี้เพราะความคิดละเอียดลออนั้นได้สอดแทรกอยู่กับองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน และมีข้อจำกัดเกี่ยวกับอายุ เพศและคุณสมบัติด้านการสังเกตอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ทอเรนซ์ (Torrance. 1973 : 91-95) ที่กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

4.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ที่แพร่หลายและเป็นที่ยอมรับ ได้แก่ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด ทฤษฎีความคิดของทอเรนซ์ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด

กิลฟอร์ด (Guilford. 1967 : 289) นักจิตวิทยาชาวอเมริกัน เป็นผู้สนใจศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องสมรรถภาพทางสมอง ความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นประโยชน์ โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์การวิเคราะห์ตัวประกอบ (Factor analysis) ของสติปัญญา ในเรื่องของความคิดสร้างสรรค์ ความมีเหตุผล และการแก้ปัญหาได้เสนอแบบจำลองโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองหรือแบบจำลองโครงสร้างทางสติปัญญา ซึ่งครอบคลุมสมรรถภาพทางสมองต่างๆ

กิลฟอร์ดได้พัฒนาการวิธีการคิดขึ้น 2 ประเภท คือ

1. ความคิดรวมหรือความคิดเอกนัย (Convergent thinking) หมายถึงความคิดที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องตามสภาพข้อมูลที่กำหนดให้เพียงคำตอบเดียว

2. ความคิดกระจายหรือความคิดอเนกนัย (Divergent thinking) คือความคิดหลายทิศทาง หลายแง่ หลายมุม คิดได้กว้างไกลสามารถเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาได้ ตลอดจนนำไปสู่ผลิตผลของความคิดหรือคำตอบได้หลายอย่าง และ นำไปสู่ความคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่แปลกใหม่

ทฤษฎีโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมอง

กิลฟอร์ด ได้ทำการวิเคราะห์อธิบายโครงสร้างของสมรรถภาพทางสติปัญญาเกิดจากการมีความสัมพันธ์ระหว่างกันขององค์ประกอบใหญ่ๆ 3 ด้าน คือ

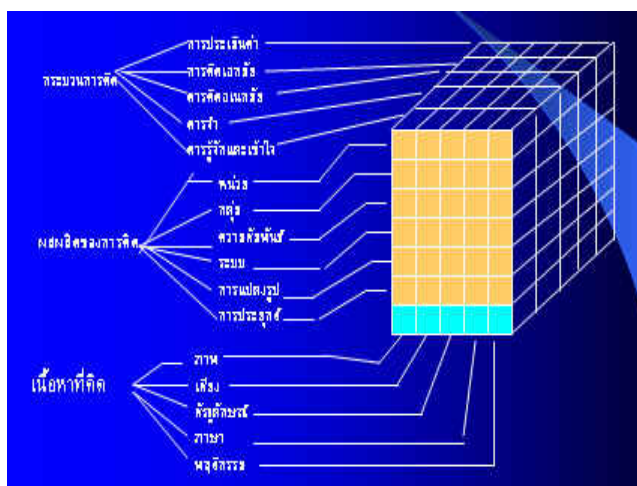
1. ด้านเนื้อหา (Content) สิ่งที่เราคิด มี 4 ด้าน

2. ด้านวิธีการคิด (Operation) มีวิธีการคิด 5 วิธี

3. ด้านผลของการคิด (Product) หรือคือผลรวมของสิ่งที่เราคิด และวิธีคิดที่แตกต่างกัน

รวม 6 ด้าน

องค์ประกอบหลักทั้ง 3 ด้าน ของสติปัญญา กิลฟอร์ด ได้นำเสนอในรูปแบบจำลอง โครงสร้างสมรรถภาพสมอง หรือแบบจำลองความสามารถทางสติปัญญาในลักษณะ 3 มิติ ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงแบบจำลองโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองของกิลฟอร์ด

ที่มา : ความคิดสร้างสรรค์. 2553 : ออนไลน์

จากโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมอง หรือทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญา ได้แบ่งสมรรถภาพทางสมองออกเป็น 3 มิติ ดังนี้

มิติที่ 1 เนื้อหา หมายถึง เนื้อหาข้อมูล หรือสิ่งเร้าที่เป็นสื่อในการคิดที่สมองรับเข้าไปคิด แบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ คือ

1. ภาพ (Figural เขียนย่อว่า F) หมายถึง ข้อมูล หรือสิ่งเร้าที่เป็นรูปธรรม
2. สัญลักษณ์ (Symbolic เขียนย่อว่า S) หมายถึงข้อมูล หรือสิ่งเร้าที่อยู่ในรูปเครื่องหมายต่าง ๆ
3. ภาษา (Semantic เขียนย่อว่า M) หมายถึง ข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่อยู่ในรูปของ ถ้อยคำที่มีความหมายต่าง ๆ กัน สามารถใช้ติดต่อสื่อสารได้
4. พฤติกรรม (Behavior เขียนย่อว่า B) หมายถึงข้อมูลที่เป็นการแสดงออก กิริยาอาการ การกระทำที่สามารถสังเกตเห็น รวมทั้งทัศนคติ การรับรู้ การคิด

มิตีที่ 2 วิธีการคิด หมายถึง มิตีที่แสดงลักษณะกระบวนการปฏิบัติงานหรือกระบวนการคิดของสมอง แบ่งออกตามลำดับได้ 5 ลักษณะ คือ

1. การรู้การเข้าใจ (Cognition เขียนย่อว่า C) หมายถึงความสามารถในการตีความของสมองเมื่อเห็นสิ่งเร้าแล้วเกิดการรับรู้เข้าใจในสิ่งนั้น และบอกได้ว่าเป็นอะไร
2. การจำ (Memory เขียนย่อว่า M) หมายถึง ความสามารถในการเก็บสะสมความรู้และข้อมูลต่าง ๆ ไว้ได้และสามารถระลึกได้เมื่อต้องการ
3. การคิดแบบออกนอกรันหรือความคิดกระจาย (Divergent thinking เขียนย่อว่า D) หมายถึง ความสามารถในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้หลายรูปแบบ หลายแง่มุมแตกต่างกันไป
4. การคิดแบบเอกรันหรือความคิดรวม (Convergent thinking เขียนย่อว่า N) หมายถึง เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบที่ดีที่สุดจากข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่กำหนดและคำตอบที่ถูกต้อง
5. การประเมินค่า (Evaluation เขียนย่อว่า E) หมายถึงความสามารถในการตีราคาลงสรุปโดยอาศัยเกณฑ์ที่ดีที่สุด

มิตีที่ 3 ผลของการคิด หมายถึง มิตีที่แสดงผล ที่ได้จากการปฏิบัติงานทางสมอง หรือกระบวนการคิดของสมอง หลังจากที่สมองได้รับข้อมูลหรือสิ่งเร้าจากมิตีที่ 1 และตอบสนองต่อข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่ได้รับมิตีที่ 2 แล้ว ผลที่ได้คือออกเป็นมิตีที่ 3 หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างว่าผลของการคิดเกิดจากการทำงานของมิตีที่ 1 และมิตีที่ 2 นั้นเอง ซึ่งผลของการคิดแบ่งออกเป็น 6 ลักษณะดังนี้

1. หน่วย (Unit เขียนย่อว่า U) หมายถึง สิ่งที่มีคุณลักษณะเฉพาะตัวและแตกต่างไปจากสิ่งอื่น ๆ
2. จำพวก (Class เขียนย่อว่า C) หมายถึง ประเภท หรือจำพวกหรือกลุ่มของหน่วยที่มีคุณสมบัติหรือลักษณะร่วมกัน
3. ความสัมพันธ์ (Relation เขียนย่อว่า R) หมายถึง ผลของการเชื่อมโยงความคิดของประเภทหรือหลายประเภทเข้าด้วยกัน โดยอาศัยลักษณะบางประการเกณฑ์ ความสัมพันธ์อาจจะอยู่ในรูปของหน่วยกับหน่วย จำพวกกับจำพวก หรือระบบกับระบบก็ได้
4. ระบบ (System เขียนย่อว่า S) หมายถึง การเชื่อมโยงกลุ่มของสิ่งเร้าโดยอาศัยกฎเกณฑ์หรือระเบียบแบบแผนบางอย่าง
5. การแปลงรูป (Transformation เขียนย่อว่า T) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงปรับปรุงดัดแปลง ตีความ ขยายความ ให้นิยามใหม่ หรือการจัดองค์ประกอบของสิ่งเร้าหรือข้อมูลออกมาในรูปแบบใหม่
6. การประยุกต์ (Implications เขียนย่อว่า I) หมายถึง การคาดคะเน หรือทำนายจากข้อมูลสิ่งที่กำหนดไว้ โดยอาศัยความเกี่ยวข้องของข้อมูลที่ศึกษา

เนื่องด้วยกิลฟอร์ดไม่ยอมรับว่าสติปัญญาเป็นความสามารถทั่วไปในการรู้การเข้าใจ เท่านั้น ฉะนั้นเขาจึงได้สร้างแผนภูมิแสดงระบบความสามารถของเขาวินิจฉัยปัญหาที่มีลักษณะเฉพาะ ดังที่อธิบายไว้ในข้างต้นนี้ จากรูปได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถของเขาวินิจฉัยปัญหาของมนุษย์ไว้ถึง 120 ชนิด หรือ 120 องค์ประกอบ โดยในแต่ละตัวประกอบจะประกอบด้วยหน่วยย่อยของสามมิติ เรียงจาก เนื้อหา-วิธีการคิด-ผลของการคิด (Content-Operation-Product)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์

ทอแรนซ์ (Torrance, 1962 : 204) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ว่าประกอบไปด้วยความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม และยังให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่าเป็นกระบวนการของความไวต่อปัญหาหรือสิ่งที่ขาดหายไปหรือสิ่งที่ยังไม่ประสานกันแล้วเกิดความพยายามในการสร้างแนวคิดตั้งสมมุติฐาน ทดลองสมมุติฐาน และเผยแพร่ผลที่ได้ให้ผู้อื่นได้รับรู้และเข้าใจ ทำให้เกิดแนวทางในการค้นคว้าในสิ่งแปลกๆใหม่ ๆ ต่อไป เป็นกระบวนการของการรับรู้ปัญหาหรือเป็นช่องว่างของข้อมูล รูปแบบความคิดหรือสมมุติฐาน การทดสอบและขยายผลสมมุติฐาน และการสื่อสารถึงผลที่ได้รับ ในความหมายนี้ ความคิดสร้างสรรค์สามารถปรับปรุงพัฒนา โดยใช้กระบวนการฝึกฝนอบรมได้ ซึ่งวิธีการฝึกฝนที่ทอแรนซ์พบว่า ทำให้บุคคลมีความคิดสร้างสรรค์ คือ การขยันทิ้งคำถาม การซักถาม การแสวงหา การทดลอง เพื่อพยายามค้นพบความจริงหรือหาคำตอบด้วยตนเอง ทอแรนซ์ได้เสนอหลักการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์โดยมีจุดเน้นที่ตัวครู ในการส่งเสริมให้เกิดคำถาม และให้ความสนใจต่อคำถามแปลกๆของเด็กโดย ผู้ถามไม่ควรมุ่งหาคำตอบที่ถูกต้องแต่เพียงอย่างเดียว เพราะในการแก้ปัญหาของเด็กนั้น เด็กอาจใช้วิธีเดา ครูควรใช้วิธีกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์ ค้นหา เพื่อพิสูจน์ การเดาโดยใช้การสังเกตหรือประมวลจากประสบการณ์ของนักเรียน

จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะที่มีอยู่ในตัวบุคคลอยู่แล้ว และสามารถที่จะส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์นั้นให้สูงขึ้นได้โดยอาศัยการเรียนรู้ การฝึกฝน และบรรยากาศที่เป็นการส่งเสริมและกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และจากการศึกษาทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์นี้ผู้วิจัยนำไปเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ได้เหมาะสมถูกต้องกับนักเรียนเพื่อทำให้นักเรียนได้เกิดผลตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

4.6 การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถที่พัฒนาให้เกิดขึ้นได้และเพิ่มมากขึ้นจากที่มีอยู่เดิม โดยผ่านการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นครูจึงเป็นผู้ที่มีบทบาทมากที่สุดในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

ให้เกิดขึ้นกับนักเรียน นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

ทอเรนซ์ (Torrance. 1979 : 90-91) ได้เสนอหลักการในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้หลายประการ ซึ่งเน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน ดังนี้

1. การส่งเสริมให้นักเรียนถามและให้ความสนใจต่อคำถามและไม่มุ่งเพียงคำตอบเดียว
2. ตั้งใจฟังและเอาใจใส่ต่อความคิดแปลก ๆ ของนักเรียน
3. กระตือรือร้นกับคำถามที่แปลก ๆ ของนักเรียนและตอบคำถามของนักเรียนอย่างมีชีวิตชีวา

ชีวิตชีวา

4. แสดงให้เห็นว่าความคิดของนักเรียนนั้นมีคุณค่า และไม่ใช้วิธีขู่ด้วยคะแนน
5. กระตุ้นและส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง
6. เปิดโอกาสให้นักเรียน ค้นคว้าอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอโดยไม่ใช้วิธีขู่ด้วยคะแนน
7. พึงตระหนักว่าการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์จะต้องใช้เวลาอย่างค่อยเป็นค่อยไป
8. ส่งเสริมให้นักเรียนใช้จินตนาการของตนเอง และยกย่องชมเชยเมื่อนักเรียนมี

จินตนาการที่แปลกและมีคุณค่า

อูษณีย์ โพธิสุข (2544 : 33) กล่าวถึง แนวทางการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. กระบวนการคิด เป็นการสอนที่เพิ่มทักษะความคิดด้านต่าง ๆ เช่น ความคิดจินตนาการ ความคิดอเนกนัย ความคิดวิจารณ์ญาณ ความคิดวิเคราะห์ ความคิดสังเคราะห์ ความคิดแปลกใหม่ ความหลากหลาย ความคิดยืดหยุ่น ความคิดเห็นที่แตกต่าง และการประเมินผล

2. ผลผลิต เป็นสิ่งที่ชี้ให้เราเห็นหลายสิ่งหลายอย่างของการคิด เช่น วิธีคิดประสิทธิภาพทางความคิด การนำเอาความรู้ไปสู่การนำไปใช้ จุดสำคัญในการสอนว่าจะพิจารณาเกณฑ์ของผลผลิตอย่างไรนั้นควรจะมีการกำหนดให้นักเรียนรู้จักการระบุจุดประสงค์ของการทำงานรู้จักประเมินการทำงานของตนเองอย่างใช้เหตุผลพยายาม และสามารถปรับใช้ได้ในชีวิตจริง

3. องค์ความรู้พื้นฐาน คือให้โอกาสนักเรียนได้รับความรู้ผ่านสื่อและทักษะหลายด้าน โดยใช้ประสาทสัมผัสหรือความรู้ที่มาจากประสบการณ์ที่หลากหลาย และมีแหล่งข้อมูลที่ ต่างกัน ทั้งจากหนังสือ ผู้เชี่ยวชาญ การทดสอบด้วยตนเอง และที่สำคัญคือให้เด็กได้สร้างความรู้จากตัวของเขาเอง

4. สิ่งที่ทำทายนักเรียน คืองานที่สร้างสรรค์ และมีมาตรฐานให้นักเรียนได้ทำ

5. บรรยากาศในชั้นเรียน คือต้องให้อิสเสรี ความยุติธรรม ความเคารพในความคิดเห็นของนักเรียน ให้นักเรียนมั่นใจว่าจะไม่ถูกลงโทษหากมีความคิดที่แตกต่างจากครู หรือคิดว่าครูไม่ถูกต้อง ขอมให้เด็กล้มเหลว หรือผิดพลาด แต่ต้องฝึกให้เรียนรู้จากข้อผิดพลาดที่ผ่านมา

6. ตัวนักเรียน คือสนับสนุนให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นตนเอง ความเคารพตนเอง กระจายใคร่รู้

7. การใช้คำถาม คือครูต้องสนับสนุนให้นักเรียนถามคำถามของเขา

8. การประเมินผล ครูต้องหลีกเลี่ยงการประเมินที่ซ้ำ ๆ ซาก ๆ หรือเป็นทางการอยู่ตลอด และสนับสนุนให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเองและประเมินร่วมกับครู

9. การสอนและการจัดหลักสูตร ควรจะนำไปผสมผสานกับวิชาการต่าง ๆ เพราะสามารถใช้ได้กับทุกวิชา ลองให้นักเรียนเรียนรู้ในสิ่งที่ไม่มีความคืบหน้าที่สุด คำตอบที่ตายแล้ว คำตอบที่คลุมเครือและเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ๆ และให้ครูเป็นผู้ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือ นักเรียนไม่ใช่ผู้สั่งการและสอน

10. การจัดระบบในชั้นเรียน ให้นักเรียนได้ค้นคว้าความรู้ด้วยตนเองให้มากขึ้นปรับระบบตารางเรียนให้ยืดหยุ่น เพื่อตอบสนองความต้องการ และความสามารถที่หลากหลาย จัดกลุ่มการสอนหลาย ๆ แบบ เช่น จับคู่ กลุ่มเล็ก กลุ่มใหญ่และสอนแบบเดี่ยว นอกจากนี้ควรจัดห้องเรียนให้แตกต่างกันไปในแต่ละเวลา สถานที่ เช่น บางห้อง บางเวลาไม่มีที่นั่ง นั่งใกล้กัน ใกล้กัน นั่งข้างนอก เรียนที่สนาม เป็นต้น

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และ ดารณี คำจัน (2549 : 78) กล่าวถึงการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นคุณสมบัติที่มีอยู่แล้วในตัวนักเรียนทุกคนครูสามารถส่งเสริมให้พัฒนาขึ้น ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในทางตรง ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การฝึกอบรม สำหรับทางอ้อมนั้น ได้แก่ การจัดบรรยากาศ สิ่งแวดล้อมภายในโรงเรียน ภายในห้องเรียน ให้ส่งเสริมความเป็นอิสระ เสริมการเรียนรู้ ครูสามารถสร้างและส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ โดยดำเนินการดังนี้

1. ขอมรับความสามารถของนักเรียน เชื่อมั่นในความสามารถของนักเรียน

2. สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนมีความรู้สึกเป็นอิสระ เป็นของตัวเอง และกล้าแสดงออกทางความคิดและการกระทำอย่างสร้างสรรค์

3. มีความเข้าใจความรู้สึกของนักเรียน ทำให้นักเรียนไว้วางใจรู้สึกปลอดภัย

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่สามารถส่งเสริมกันได้ จากความร่วมมือของหลาย ๆ ฝ่าย โดยเฉพาะครูมีบทบาทและหน้าที่สำคัญในการส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้เกิดแก่นักเรียน โดยครูจะต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน การจัดบรรยากาศให้นักเรียนรู้สึกเป็นอิสระในการคิด ครูจะต้องกระตุ้นให้ นักเรียนรู้จักคิด รู้จักกล้าแสดงออก และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความรู้สึกและความคิดเห็นออกมา มอบหมายงานที่สร้างสรรค์ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และ

สร้างปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับนักเรียน เพื่อให้เกิดความรู้สึกละสบายใจ กล้าที่จะคิด กล้าทำ และแสดงออก มากยิ่งขึ้นจากการที่ ผู้วิจัย ได้ศึกษาหลักการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยนำมาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น

4.7 การวัดความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่ซับซ้อน ไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน ยกต่อการวัด แต่อย่างไรก็ตาม ได้มีนักการศึกษาได้ศึกษาเกี่ยวกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

ครอพลีย์ (Cropley. 1966 : 259-266) ได้กล่าวถึงการวัดความคิดสร้างสรรค์ว่าจะมีวิธีการที่หลากหลาย แต่แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นที่ยอมรับคือ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยยึดทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญา โดยแบบวัดที่กิลฟอร์ดได้สร้างขึ้นนั้นเน้นที่การวัดความคิดแบบอนุกรม การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นยึดเกณฑ์ความคล่องในการคิด ความยืดหยุ่นในการคิดและความคิดริเริ่มของการตอบ ต่อมาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ กิลฟอร์ดได้รับการพัฒนามาโดยตลอดและ ทอเรนซ์ก็ได้นำการคิดของกิลฟอร์ดมาพัฒนา ซึ่งองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอเรนซ์ ได้แก่ความคล่องแคล่วในการคิด ความยืดหยุ่นในการคิด และความคิดริเริ่ม

คาลลาฮาน (Callahan. 1991 : 219-231) ได้ให้ข้อคิดเกี่ยวกับการทดสอบความคิดสร้างสรรค์สรุปได้ดังนี้

1. ไม่มีเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ชิ้นใดที่สมบูรณ์ในตัวเองและสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ในภาพรวมได้ทั้งหมด แต่เครื่องมือหนึ่ง ๆ สามารถวัดได้เพียงส่วนหนึ่งของทักษะที่เป็นองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์เท่านั้น

2. ความคิดสร้างสรรค์มีความสำคัญต่อพฤติกรรมของมนุษย์ ควรนำเครื่องมือวัดมาใช้ อย่างระมัดระวัง โดยเฉพาะความถูกต้องของการนิยามความหมาย และการแบ่งมิติของความคิดสร้างสรรค์

3. ควรวัดความคิดสร้างสรรค์ด้วยเครื่องมือหลาย ๆ ชนิดอาจจะอยู่ในรูปของการทดสอบหรือการปฏิบัติ และจะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย และความต้องการของผู้ที่จะศึกษา

4. ในการใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปต้องระมัดระวังในเรื่องของเงื่อนไขของเครื่องมือเหล่านั้นด้วย

5. ควรมีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยการหาความตรงของแบบทดสอบ

6. ไม่ควรนำเอาคะแนนแบบทดสอบหลาย ๆ แบบมาสรุปรวมกัน หรืออธิบายเป็นภาพรวมของความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนคนนั้น แต่ควรพิจารณาเป็นด้าน ๆ ไป

7. ควรมีฐานข้อมูลของโรงเรียนเพื่อเก็บสถิติการทดสอบในการจำแนกนักเรียน

8. เครื่องมือที่นำมาใช้วัดควรได้รับการศึกษาอย่างละเอียด เพื่อการนำมาใช้อย่างเหมาะสม โดยปราศจากความลำเอียงในด้านวัฒนธรรม เชื้อชาติ เพศ หรือสภาพทางเศรษฐกิจ

9. อย่าละเลยต่อการจำแนกลักษณะหรือองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ที่ได้สร้างข้อตกลงไว้ และพยายามทำให้ข้อมูลที่ได้รับจากการทดสอบตรงตามความเป็นจริงมากที่สุดด้วยการหาข้อมูลเพิ่มเติมจากหลายทางข้อคิดเห็นดังกล่าวเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับครู และผู้ที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาหาเครื่องมือมาใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ได้ถูกต้องแม่นยำและเหมาะสมตามสภาพความเป็นจริงของผู้เรียนได้มากที่สุด

อารี พันธุ์ณี (2547 : 207-212) กล่าวถึงการวัดความคิดสร้างสรรค์ สามารถสรุปได้ว่าการวัดความคิดสร้างสรรค์จะทำให้ทราบระดับความคิดสร้างสรรค์ของเด็ก และเป็นข้อมูลที่สามารถจัดโปรแกรมการเรียนการสอนและกิจกรรมให้สอดคล้องเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเด็กให้สูงยิ่งขึ้น และสามารถสกัดกั้นอุปสรรคต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ด้วยสำหรับวิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์ของเด็กนั้น สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การสังเกต หมายถึง การสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกเชิงสร้างสรรค์

2. การวาดภาพ หมายถึง การให้เด็กวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนด เป็นการถ่ายทอดความคิดเชิงสร้างสรรค์ออกมาเป็นรูปธรรมและสามารถสื่อความหมายได้ สิ่งเร้าที่กำหนดให้เด็กอาจเป็นวงกลม สีเหลี่ยม แล้วให้เด็กวาดภาพต่อเติมให้เป็นภาพ

3. รอยหยดหมึก หมายถึง การให้เด็กได้ดูภาพรอยหมึกแล้วคิดตอบจากภาพที่เด็กเห็น มักใช้กับเด็กวัยประถมศึกษา เพราะเด็กสามารถอธิบายได้ดี

4. การเขียนเรียงความและงานศิลปะ หมายถึง การให้เด็กเขียนเรียงความจากหัวข้อที่กำหนด และการประเมินจากงานศิลปะของนักเรียน ซึ่งนักจิตวิทยามีความเห็นสอดคล้องกันว่าเด็กในวัยประถมศึกษามีความสำคัญยิ่ง หรือเป็นจุดวิกฤติของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เด็กมีความสนใจในการเขียนสร้างสรรค์และแสดงออกเชิงสร้างสรรค์ในงานศิลปะ จากการศึกษาประวัติของบุคคลสำคัญ นักประดิษฐ์ นักวิทยาศาสตร์ของโลก เช่น นิวตัน (Newton) และปาสกาล (Pascal) พบว่าบุคคลเหล่านี้แสดงแววสร้างสรรค์ด้วยการประดิษฐ์ และสร้างผลงานชิ้นแรกเมื่ออยู่ในวัยประถมศึกษาเป็นส่วนใหญ่

5. แบบทดสอบ หมายถึง การให้เด็กทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มาตรฐานซึ่งเป็นผลงานมาจากการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบความคิด

สร้างสรรค์มีทั้งภาษาเป็นสื่อ และที่ใช้ภาพเป็นสื่อ เพื่อเร้าให้เด็กแสดงออกเชิงความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบมีการกำหนดเวลาด้วย ปัจจุบันก็เป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้น เช่น แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอเรนซ์ เป็นต้น

จะเห็นได้ว่า การวัดความคิดสร้างสรรค์ มีหลายวิธี เช่น การสังเกต การวาดภาพรอยหยดหมึก การเขียนเรียงความ และแบบทดสอบ สามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการของนักเรียน เพื่อความชัดเจนของผลการวัดความคิดสร้างสรรค์ เช่น การวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนด จะเหมาะกับเด็กปฐมวัยและประถมศึกษา การใช้แบบทดสอบและการเขียนเรียงความ เหมาะกับเด็กประถมศึกษาและมัธยมศึกษา ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยแนวความคิดของทอเรนซ์

5. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

พิลท์ และซันด์ (Piltz & Sund. 1969 : 4) ได้กล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นแนวทางการคิดและการกระทำเพื่อแก้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากจะเน้นความคิดริเริ่มในด้านความคิดแล้ว ยังเน้นถึงการริเริ่มพัฒนาความคิดเพื่อให้ได้ซึ่งผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ขึ้น เน้นความคิดใหม่และความคิดมีศิลปะทั้งสองประการพร้อมกัน นอกจากนี้ความสามารถที่จำเป็นของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ คือ

1. ความสามารถในการจดจำปัญหา
2. ความสามารถในการผลิตความคิดใหม่
3. ความสามารถในการจัดระเบียบความคิด
4. ความสามารถในการประเมินผล

โมราฟสิก (Moravsik) (วินัย คำสุวรรณ. 2529 : 17) ได้ให้ความเห็นว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงการค้นหาคำตอบใหม่ ๆ ตามจุดมุ่งหมายสำคัญของวิทยาศาสตร์มี 3 ประการ คือ

1. เพื่อฟื้นฟูทางด้านเทคโนโลยี
2. เพื่อสนองความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์ ซึ่งพยายามที่จะรู้และอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัว
3. เพื่อผลกระทบต่อธรรมชาติและหน้าที่ของคนที่มีต่อโลก

5.2 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

สามารถวัดได้หลายวิธีเช่นเดียวกับความคิดสร้างสรรค์ทางด้านอื่น ๆ แต่วิธีการที่นิยมใช้กันมากคือ การทำแบบทดสอบ ดังที่ อารี รังสินันท์ (2528 : 176) กล่าวว่า แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการวัดความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นระบบระเบียบซึ่งอาจใช้ควบคู่กับแบบสำรวจพฤติกรรมหรือแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์จะช่วยให้ได้ข้อมูลใกล้เคียงและถูกต้องตรงกับความเป็นจริงมากขึ้น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์สร้างขึ้นจากผลการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเนื้อหาของแบบทดสอบมีทั้งภาษาที่ใช้เป็นสื่อเพื่อเร้าให้เด็กได้แสดงออกในเชิงความคิดสร้างสรรค์

แบบทดสอบที่นิยมใช้กันมากและเป็นการเริ่มต้นให้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางคือแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอเรนซ์ (Torrance) (อารี รังสินันท์. 2528 : 187)

เหตุผลดังกล่าว จึงมีการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ขึ้น โดยเฉพาะ ดังที่ทอเรนซ์ กล่าวว่า การแสดงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ไม่จำเป็นต้องถึงขั้นสุด คือการตั้งทฤษฎีใหม่ หรือการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งแปลก ๆ ใหม่ ๆ เสมอไป แต่เป็นความสามารถในการคิดแก้ปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง นอกเหนือไปจากลำดับการคิดอย่างปกติ สามารถคิดได้หลายแง่หลายมุมจนได้ผลผลิตใหม่ที่ถูกต้องสมบูรณ์กว่า โดยใช้องค์ประกอบร่วมที่สำคัญ 3 ด้าน คือ แรงจูงใจ ความสามารถและทักษะ ซึ่งผลผลิตทางความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อาจเป็นเพียงขั้นใดขั้นหนึ่งใน 5 ขั้น ต่อไปนี้

1. เป็นผลผลิตที่แสดงความคิดริเริ่มอย่างอิสระ โดยไม่คำนึงถึงคุณภาพของงาน
2. เป็นผลผลิตที่อาศัยทักษะบางอย่าง
3. ได้สิ่งประดิษฐ์คิดค้นที่ดียิ่งขึ้น
4. ได้สิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่ไม่ซ้ำแบบใคร
5. เป็นผลผลิตที่แสดงผลจากความคิดที่เป็นนามธรรมระดับสูง หรือการค้นพบหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

6.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ได้มีผู้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการทางปัญญาหรือพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติ การศึกษาค้นคว้าทดลอง และฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบจนเกิดการพัฒนาด้านความคิด (ภพ เลหาไพบูลย์. 2542 : 14)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) หรือเป็นทักษะการคิดที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่น่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาต่างๆ รวมทั้งสร้างสิ่งใหม่ด้วยความชำนาญ (วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2542 : 3)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะทางสติปัญญาที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ โนมนติและหลักการช่วยให้ลงข้อสรุปแบบอุปนัยมีความเที่ยงตรงถูกต้อง หรือเชื่อถือได้ โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรียงลำดับจากกระบวนการที่ง่ายไปจนถึงกระบวนการที่ซับซ้อน (Gagne. 1965 : 10)

จากแนวคิดของนักการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการการคิดการปฏิบัติ การศึกษาค้นคว้าทดลอง และการฝึกฝนในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล โดยการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ให้ได้มาซึ่งความรู้ ประกอบไปด้วยพฤติกรรมการสังเกต การวัด การคำนวณ หรือการใช้ตัวเลข การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส (Space) กับสเปส (Space) และสเปส (Space) กับเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนด และควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

6.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science-AAAS) ได้พัฒนาโครงการปรับปรุงการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับอนุบาลจนถึงระดับประถมศึกษา โดยเน้นการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และตั้งชื่อโครงการนี้ว่า วิทยาศาสตร์กับการใช้กระบวนการ (Science a process approach) ได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ ประกอบด้วยทักษะ ขั้นพื้นฐาน (Basic science process skills) 8 ทักษะ ได้แก่ 1) ทักษะการสังเกต (Observing) 2) ทักษะการวัด (Measuring) 3) ทักษะการคำนวณหรือการใช้ตัวเลข (Using numbers) 4) ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying) 5) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (Space/space relationship and space/time relationship) 6) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing data and communication) 7) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) 8) ทักษะการพยากรณ์

(Predicting) และทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ (Integrated science process skills) 5 ทักษะได้แก่ 1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating hypotheses) 2) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) 3) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) 4) ทักษะการทดลอง (Experimenting) 5) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting data and conclusion) (พิมพ์พันธ์ุ เดชะคุปต์. 2548 : 9-13)

การสอนวิทยาศาสตร์มีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องฝึกฝนนักเรียนให้รู้จักนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการเรียน ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้รู้จักพัฒนาความคิดและแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะมีความหมายดังต่อไปนี้ (พวงทอง มีมั่งคั่ง. 2537 : 24)

1. ทักษะการสังเกต

พวงทอง มีมั่งคั่ง (2537 : 25) ให้ความหมายของการสังเกตไว้ว่า เป็นกระบวนการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น หู ตา จมูก ลิ้น หรือ ผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ เพื่อให้ได้มาซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ ของสิ่งที่กำลังทำการสังเกต โครงการเคมีศึกษา (พวงทอง มีมั่งคั่ง. 2537 : 25) ได้อธิบายความหมายของการสังเกตว่า การสังเกตเป็นการบันทึกสิ่งที่ได้พบเห็น โดยไม่ใส่ ความคิดเห็นลงไป การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือ หลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ เพื่อค้นหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้จากวัตถุ หรือเหตุการณ์นั้น (วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ุ เดชะคุปต์. 2542 : 12) การสังเกต เป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นและสำคัญมากในกระบวนการ ค้นคว้าหาความรู้แขนงต่าง ๆ โดยเฉพาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่มักจะเริ่มต้นจาก การสังเกต นักวิทยาศาสตร์จัดว่าเป็นผู้มีความชำนาญและมีความละเอียดถี่ถ้วนในการสังเกตมากกว่าคนในอาชีพอื่น ๆ การสังเกตของนักวิทยาศาสตร์ บางครั้งอาจต้องอาศัยเครื่องมือช่วย ทั้งนี้เพื่อให้ผลการสังเกตมีความชัดเจนและแม่นยำยิ่งขึ้น เช่น แว่นขยาย กล้องจุลทรรศน์ กล้องโทรทรรศน์ เป็นต้น การสังเกตที่ดีจะต้องใช้ประสาทสัมผัสหลาย ๆ อย่าง และต้องทำอย่างละเอียดรอบคอบทุกแง่ทุกมุม เพื่อให้ได้รายละเอียดข้อมูลของสิ่งนั้นมากที่สุด (พวงทอง มีมั่งคั่ง. 2537 : 25) ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมี 3 ประเภท คือ

1.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งที่สังเกตเกี่ยวกับรูปร่าง กลิ่น รส เสียง การสัมผัส ซึ่งเป็นลักษณะหรือคุณสมบัติที่ยังไม่สามารถระบุออกมา

เป็นตัวเลขแสดงปริมาณพร้อมหน่วยวัดมาตรฐานได้ ตัวอย่างเช่น ข้อมูลเชิงคุณภาพของลูกอมชนิดหนึ่ง เป็นดังนี้

เมื่อใช้ตา ดูลูกอมมีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยม รูปกลม มีสีแดง สีเขียว สีเหลือง

เมื่อใช้หู ฟัง ได้ยินเสียงลูกอมกระทบพื้น

เมื่อใช้มือสัมผัส รู้สึกเรียบหรือหยาบ แข็งหรือนิ่ม

เมื่อใช้จมูกดม มีกลิ่นส้มหรือกลิ่นกาแฟ

เมื่อใช้ลิ้นชิม มีรสหวาน

1.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณ เช่น ขนาด มวล อุณหภูมิ เป็นต้นอาจบอกโดยการกะประมาณและบอกหน่วยมาตรฐานไว้ ตัวอย่างเช่น ลูกอมมีขนาดยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร กว้าง 1.0 เซนติเมตร และหนา ประมาณ 0.5 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 1.5 กรัม

1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การปฏิบัติสัมพันธ์ของสิ่งนั้นกับสิ่งอื่น เช่น เมื่อมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งอื่นดังกล่าว จะช่วยให้การสังเกตครอบคลุมข้อมูลได้กว้างขวางขึ้น ตัวอย่าง ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการสังเกต ลูกอมชนิดหนึ่งเมื่อใส่ในน้ำ ดังนี้ เมื่อใส่ลูกอมในแก้วน้ำที่มีน้ำบรรจุอยู่ที่อุณหภูมิของห้อง ลูกอมนั้นมีขนาดเล็กกลิ้งเรื่อย ๆ และในที่สุดละลายหายไปในเวลาประมาณ 10 นาที ในการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์แต่ละครั้งนั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลถูกต้องตามสภาพที่เป็นจริง และมีความเชื่อถือได้ (วรรณทิพา รอดแรงกล้า และพิมพ์พันธ์ เศษะคุปต์. 2542:15) ได้เสนอข้อควรคำนึงในการสังเกต ไว้ดังนี้

1.3.1 ใช้ประสาทสัมผัสให้มากที่สุด ขณะทำการสังเกต

1.3.2 ประสาทสัมผัส ลิ่น จะใช้เมื่อแน่ใจว่าวัตถุนั้นไม่เป็นอันตราย

1.3.3 ข้อมูลจากการสังเกตควรมีทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ

1.3.4 ข้อมูลที่ได้ควรเป็นผลจากการสังเกตโดยตรง โดยไม่มีการลง ความ

คิดเห็นส่วนตัว

พฤติกรรมหรือความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะการสังเกตแล้ว ดังนี้ 1) ชีบั้งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง 2) บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ 3) บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

ลักษณะคำถามที่ทำให้นักเรียนเกิดทักษะ ดังตัวอย่างคำถามต่อไปนี้ 1) กระดาษแผ่นนี้มีลักษณะอย่างไร 2) นอกจากเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม ผิวเรียบแล้ว ยังมีลักษณะอย่างไรอีก 3) เมื่อใช้มือขยำกระดาษแล้วรู้สึกอย่างไร 4) นักเรียนกะว่าแผ่นกระดาษนี้ยาวประมาณเท่าใด 5) ลูกกวาดเมื่อถูกความร้อนมีลักษณะอย่างไร 6) เมื่อนำไปแช่น้ำประมาณ 15 นาที ลูกกวาดมีลักษณะอย่างไร

2. ทักษะการวัด

ทักษะในการวัด หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัดและความสามารถในการอ่านค่าที่ได้จากการวัดได้ถูกต้องรวดเร็วและใกล้เคียงกับความเป็นจริง พร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอ (ภพ เลาหไพบูลย์. 2542 : 16) การวัดเป็นกระบวนการสำคัญสำหรับการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การสังเกตทำให้นักวิทยาศาสตร์ทราบลักษณะ รูปร่าง และสมบัติต่างๆ ไปของวัตถุ แต่ไม่สามารถบอกรายละเอียดที่แน่นอนลงไปได้ นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือต่าง ๆ ทำการวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลถูกต้องควบคู่ไปกับการสังเกต การวัดอาจต้องใช้เครื่องมือหลายอย่าง ผู้ทำการวัดต้องเลือกใช้เครื่องมือในการวัดได้อย่างเหมาะสมก่อน การใช้เครื่องมือจะต้องศึกษาลักษณะของเครื่องมือและวิธีการใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถวัดปริมาณสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องมากที่สุดในการวัด

การวัดจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ 1) เครื่องมือที่ใช้วัด เช่น ไม้บรรทัด เครื่องชั่ง นาฬิกา เทอร์มอมิเตอร์ 2) ค่าที่ได้จากการวัดซึ่งเป็นตัวเลขที่แน่นอน ไม่ใช่การกะประมาณ 3) หน่วยในการวัด เช่น วัดความยาวออกมาเป็นเซนติเมตร เมตร วัดน้ำหนักเป็นกรัม กิโลกรัม วัดเวลาเป็นวินาที นาที หรือวัดอุณหภูมิออกมาเป็นองศาเซลเซียส เป็นต้น ในการวัดแต่ละครั้ง สิ่งที่ต้องพิจารณา คือจะวัดอะไร จะใช้เครื่องมืออะไรวัด เหตุใดจึงใช้เครื่องมือที่นั้นวัด จะวัดอย่างไร

การวัดปริมาณต่าง ๆ ได้ตรงกับความเป็นจริง มากน้อยเพียงไรขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 3 ประการ คือ 1) เทคนิคการวัด 2) มาตรฐานของเครื่องมือ 3) ความระมัดระวัง ความละเอียดรอบคอบ

พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนเกิดทักษะการวัด คือ 1) เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด 2) บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้ 3) บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง 4) ทำการวัดปริมาณต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 5) ระบุนิยามของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

ลักษณะของคำถามที่ทำให้นักเรียนเกิดทักษะการวัด 1) ถ้าต้องการวัดความยาวของรางนี้ นักเรียนจะเลือกใช้อุปกรณ์อะไร 2) ทำไมนักเรียนจึงเลือกใช้ไม้เมตรในการวัด 3) นักเรียนจะวัดความยาวของรางได้อย่างไร 4) ความยาวของรางที่วัดได้เป็นเท่าไร 5) ความยาวของรางที่วัดได้ว่าแปดนั้นมีหน่วยเป็นอะไร 6) อุณหภูมิของแอลกอฮอล์ในแก้วเป็นเท่าไร

3. ทักษะการคำนวณ

ทักษะการคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร หรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรง หรือ

จากแหล่งอื่น ตัวเลขที่นำมาคำนวณนั้นต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกัน ตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณจะช่วยให้สื่อความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจนยิ่งขึ้นในการจัดกิจกรรมเพื่อฝึกทักษะการคำนวณให้นักเรียน จะต้องจัดกิจกรรมเพื่อฝึกทักษะที่เป็นพื้นฐานของการคำนวณต่อไปนี้

3.1 ทักษะการนับและเขียนตัวเลขแสดงจำนวนที่นับ

3.2 ทักษะการเปรียบเทียบค่าของตัวเลขที่แสดงจำนวนนับ

3.3 ทักษะการคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย ฯลฯ

พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการคำนวณ มีดังนี้ 1) นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง 2) ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ 3) บอกวิธีคำนวณได้ 4) คิดคำนวณได้ถูกต้อง 5) แสดงวิธีคิดคำนวณได้

ลักษณะคำถามที่ทำให้เกิดทักษะการคำนวณ คำถามที่นำไปสู่การคำนวณ ต้องเป็นคำถามที่ถามแล้วผู้ตอบแสดงพฤติกรรมในด้านการนับจำนวน การเขียนตัวเลขแสดงจำนวนที่นับ บอกวิธีคำนวณ และแสดงวิธีคำนวณ ได้ ตัวอย่างคำถามที่นำไปสู่การคำนวณ 1) กลุ่มที่ 1 เธอได้รับเมล็ดถั่วไปกี่เมล็ด 2) มีกี่กลุ่มที่ได้รับเมล็ดถั่วจำนวนต่างกัน 3) มีกี่กลุ่มที่ได้รับเมล็ดถั่วจำนวนเท่ากัน 4) ถ้าต้องการคิดคำนวณค่าน้ำประปาในแต่ละเดือนจะอย่างไร 5) ทั้งห้องมีเมล็ดถั่วรวมกันเท่าไร 6) ถ้าอยากรู้ว่านักเรียนทั้งห้องมีเมล็ดถั่วรวมกันเป็นกี่เมล็ด จะอย่างไร 7) คิดค่าน้ำประปาได้เท่าไร

4. ทักษะการจำแนกประเภท

ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่างกัน หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ โดยจัดสิ่งที่มีสมบัติบางประการร่วมกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

แนวทางสร้างเสริมทักษะการจำแนกประเภทให้แก่ผู้เรียน การจำแนกมีประโยชน์ต่อตัวผู้เรียนมากในแง่ที่เป็นกระบวนการ ขึ้นพื้นฐานที่ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักแบ่งประเภทสิ่งของ ตลอดจนจนข้อมูลต่าง ๆ ให้เป็นระเบียบเรียบร้อย ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจะมุ่งให้ฝึกทักษะที่เป็นพื้นฐานของการจำแนกประเภท 3 ทักษะด้วยกัน คือ

4.1 ฝึกทักษะเรียงลำดับหรือแบ่งสิ่งต่าง ๆ โดยกำหนดเกณฑ์ขึ้นเอง

4.2 ฝึกทักษะการเรียงลำดับหรือแบ่งสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนด

4.3 ฝึกวิเคราะห์เกณฑ์ที่ใช้ในการเรียงลำดับหรือการแบ่งสิ่งต่าง ๆ จาก สิ่งที่พบเห็น

ในชีวิตประจำวัน หรือจากบทเรียนต่างๆ

พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนเกิดทักษะการจำแนกประเภท 1) เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้ 2) เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้ 3) บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

ลักษณะคำถามที่ทำให้เกิดทักษะการจำแนกประเภท ตัวอย่างคำถามที่ทำให้นักเรียนเกิดทักษะการจำแนกประเภท ดังนี้ 1) นักเรียนจะแบ่งวัสดุอุปกรณ์เหล่านี้เป็น 2 พวก ตามลักษณะการใช้งานได้อย่างไร 2) นักเรียนเรียงลำดับวัสดุอุปกรณ์เหล่านี้โดยใช้อะไรเป็นเกณฑ์ 3) นักเรียนคิดว่าครูแบ่งวัสดุอุปกรณ์เป็น 2 พวก โดยใช้อะไร เป็นเกณฑ์

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลาหมายถึงความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ

5.2 สิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาจะเป็นซ้ายขวาของกันและกันอย่างไร

5.3 ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

5.4 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

แนวการสร้างเสริมทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลาให้แก่ผู้เรียน จะต้องจัดกิจกรรมเพื่อฝึกทักษะที่เป็นพื้นฐานของการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติๆ ต่อไปนี้ 1) ทักษะการวาดรูปและรูปทรงเรขาคณิตต่างๆ 2) ทักษะการหาเส้นสมมาตร หรือระนาบสมมาตรของรูป 2 มิติ หรือรูปทรง 3 มิติ 3) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ และรูปทรง 3 มิติ 4) ทักษะการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับระยะทาง ความเร็วและทิศทางของ สิ่งต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับสิ่งอ้างอิง 5) ทักษะการหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงา

พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา ดังนี้ 1) ชี้บ่งรูป 2 มิติและวัตถุ 3 มิติที่กำหนดให้ได้ 2) วาดรูป 2 มิติจากวัตถุหรือรูป 3 มิติที่กำหนดให้ได้ 3) บอกชื่อของรูปและรูปทรงทางเรขาคณิตได้ 4) ระบุรูป 3 มิติที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูป 2 มิติได้ 5) เมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุแล้วสามารถบอกรูปทรงของวัตถุ (3 มิติ) ที่เป็นต้น กำเนิดเงาได้ 6) เมื่อเห็นวัตถุ (3 มิติ) สามารถบอกเงา (2 มิติ) ที่จะเกิดขึ้นได้ 7) บอกรูปของรอยตัด (2 มิติ) ที่เกิดจากการตัดวัตถุ (3 มิติ) ออกเป็น 2 ส่วนได้ 8) บอกตำแหน่งหรือทิศทางของวัตถุหนึ่งได้ 9) บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง 10) บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกัน

ได้ 11) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้ 12) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่างๆ กับเวลา

ลักษณะคำถามที่นำไปสู่การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา ตัวอย่างคำถามที่ทำให้นักเรียนเกิดทักษะ ดังต่อไปนี้ 1) สิ่งของในตระกร้านี้มีอะไรบ้างเป็นสองมิติ อะไรบ้างเป็นสามมิติ 2) กระจบองนมที่ครูให้นี้จะวาดเป็นรูปโดยมองจากด้านข้างได้อย่างไร 3) กระจบองนมที่นักเรียนเห็นอยู่นี้ มีชื่อเรียกทางเรขาคณิตว่าอย่างไร 4) ถ้าหมุนกระดาษสามเหลี่ยมนี้ อย่างเร็วรอบแกนไม้นี้ จะเห็นเป็นรูปทรงอะไร 5) เงาที่เกิดจากวัตถุรูปทรงใด เมื่อแสงเข้าทางด้านข้าง 6) ถ้าฉายไฟฉายไปที่วัตถุทรงกระบอกด้านข้าง จะปรากฏเงาบนฉาก เป็นรูปอะไรบ้าง 7) เมื่อตัดทแยงรูปทรงกระบอก จะเกิดพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปอะไร 8) จากภาพที่เห็นกระจบองนมวางอยู่ที่ไหน 9) หน้าต่างอยู่ทางซ้ายมือหรือขวามือ 10) รถยนต์ที่เห็นอยู่ทางทิศไหนของอาคารเรียน 11) ถ้านักเรียนหิวผมแสดด้านซ้ายมือ เมื่อไปยืนหน้ากระจกจะเห็นภาพนักเรียนในกระจกหิวผมแสดด้านใด 12) ปริมาณของน้ำในแก้วสัมพันธ์กับเวลาอย่างไร 13) เมื่อเวลาผ่านไปมากขึ้น ปริมาณของน้ำในแก้วเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำเสียใหม่โดยวิธีต่างๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูล ชูคั้นดีขึ้นโดยอาจนำเสนอในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น

แนวทางสร้างเสริมทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลแก่นักเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อสร้างเสริมทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ผู้สอนจะต้องจัดกิจกรรมเพื่อมุ่งให้ผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกทักษะที่เป็นพื้นฐานของการสื่อความหมายข้อมูลในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

6.1 ทักษะการพูดหรือเขียนบรรยายลักษณะสิ่งต่าง ๆ ด้วยภาษา ง่าย ๆ กระชับรัด ชัดเจน ผู้อื่นสามารถเข้าใจและปฏิบัติตามได้

6.2 ทักษะการแจกแจงความถี่ข้อมูล

6.3 ทักษะการเรียงลำดับและจำแนกประเภท

6.4 ทักษะการคิดคำนวณข้อมูลเพื่อให้เกิดค่าใหม่ที่มีความหมาย มากขึ้น

6.5 ทักษะการเลือกรูปแบบในการนำเสนอข้อมูล

6.6 ทักษะการกำหนดและออกแบบการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ

6.7 ทักษะการนำเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่กำหนด

พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ดังต่อไปนี้

- 1) เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม
- 2) บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้
- 3) ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้
- 4) เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้นได้
- 5) บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ด้วยข้อความที่เหมาะสม
- 6) บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจ

ลักษณะคำถามที่ทำให้นักเรียนเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล เช่น

- 1) ปริมาตรของก้อนหินที่วัดได้จาก การแทนที่น้ำเหล่านี้ ควรนำเสนอในรูปแบบใดจึงจะเข้าใจง่ายขึ้น
- 2) ทำไมจึงนำเสนอในรูปแบบของตาราง
- 3) ลักษณะของตารางควรเป็นอย่างไร
- 4) นักเรียนจะเปลี่ยนแปลงข้อมูลปริมาตรก้อนหินเหล่านี้อย่างไรจึงจะเข้าใจง่าย

7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลที่มีอาจได้มาจากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง คำอธิบายนั้นเป็นสิ่งที่ได้จากความรู้หรือประสบการณ์เดิม ของผู้สังเกตที่พยายามโยงบางส่วนของความรู้ หรือประสบการณ์เดิมให้มาสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่

แนวการสร้างเสริมทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลแก่นักเรียน การลงความคิดเห็นจากข้อมูล นอกจากจะมีความสำคัญต่อการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทางด้านอื่น ๆ อีกมากมายแล้วยังเป็นประโยชน์อย่างมากต่อ การพัฒนาคุณภาพชีวิต ช่วยสร้างเสริมเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้เป็นคนมีใจกว้าง ยอมรับ ความคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น มองปัญหาและคิดคำตอบหลาย ๆ ประเด็น ไม่ปักใจเชื่อในเรื่องใด ๆ มากจนเกินขอบเขต หากยังไม่มี การทดสอบยืนยัน การจัดกิจกรรมเพื่อสร้างเสริมทักษะ การลงความคิดเห็นจากข้อมูลจะต้องจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้และประสบการณ์ อธิบายข้อสงสัยหรือเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต และการวัดอย่างมีเหตุผล พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนเกิดทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ผู้ที่มีทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล จะต้องมีความสามารถอธิบายหรือสรุป โดยเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิม มาช่วยลักษณะคำถามที่ทำให้นักเรียนเกิดทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ลักษณะคำถามที่นำไปสู่การลงความคิดเห็นจากข้อมูลต้องเป็นคำถามที่ถามแล้วผู้ตอบจะต้องตอบโดยการอธิบาย หรือเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่สังเกตได้อย่างมีเหตุผล โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์ของตนเอง ตัวอย่างคำถามที่นำไปสู่การลงความคิดเห็นจากข้อมูล เช่น

- 1) นักเรียนคิดว่าเปลือกไข่ที่ได้รับแจกเป็นเปลือกไข่อะไร
- 2) จากลักษณะของก้นหั่นลมที่นักเรียนเห็น นักเรียนคิดว่าก้นหั่นลมนี้จะหมุนหรือไม่
- 3) นักเรียนคิดว่า

อะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้หน้า 4) ทำไมอุณหภูมิของแอลกอฮอล์จึงสูงกว่าน้ำ 5) เมื่อนักเรียนอ่านข่าวหอบเหวตาแล้ว นักเรียนคิดว่าหอบเหวตาเป็นใครอย่างไร

8. ทักษะการพยากรณ์

ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเน สิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย การทำนายอาจทำได้ภายในขอบเขตของข้อมูล แนวการสร้างเสริมทักษะการพยากรณ์ให้แก่ผู้เรียน

การสร้างเสริมทักษะการพยากรณ์ให้แก่ผู้เรียน จะต้องจัดกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานต่อการทำนาย 3 ทักษะ คือ

8.1 ทักษะการคาดคะเนสิ่งหรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยใช้ข้อมูลของสิ่งนั้น ที่มีอยู่เป็นเครื่องมือ

8.2 ทักษะการทำนายผลข้อมูลโดยการคำนวณ

8.3 ทักษะการทำนายผลจากข้อมูลโดยการวิเคราะห์จากกราฟ

พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนเกิดทักษะการพยากรณ์ ดังต่อไปนี้ 1) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้ 2) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มี อยู่ได้ 3) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

ลักษณะคำถามที่ทำให้นักเรียนเกิดทักษะการพยากรณ์ดังตัวอย่างต่อไปนี้ 1) นักเรียนได้ทราบมาแล้วว่าพืชต้องการแสงสว่างในการดำรงชีวิตถ้าเราปลูกต้นกุหลาบในที่มืด จะเกิดผลอย่างไร

ทักษะขั้นสูงหรือทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นผสม มี 5 ทักษะ รายละเอียดแต่ละทักษะมีดังนี้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน

ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบาย ซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้น ๆ ต่อไปสมมติฐาน เป็นข้อความเพื่อแสดงการคาดคะเน ซึ่งอาจเป็นคำอธิบายของสิ่งที่ไม่สามารถตรวจสอบโดยการสังเกตได้ หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่คาดคะเนว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมติฐานนี้สร้างขึ้น โดยอาศัยการสังเกตความรู้ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน การคาดคะเนคำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน ข้อความของสมมติฐานต้องสามารถทำการตรวจสอบโดยการทดลองและแก้ไขเมื่อมีความรู้ใหม่ได้

2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร

การกำหนดตัวแปร หมายถึง การที่แบ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ควรควบคุม ในสมมติฐานหนึ่ง ๆ ในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ได้แบ่งตัวแปรออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

2.1 ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (Independent variable) คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้นเมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็สาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็ผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

2.3 ตัวแปรควบคุม (Controlled variable) คือ สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วย ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือน ๆ กัน มิเช่นนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

การควบคุมตัวแปร หมายถึง การควบคุมตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นซึ่งจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือน ๆ กัน

2.4 บ่งชี้ได้ว่าตัวแปรใดไม่ได้รับการควบคุมให้คงที่ในการทดลอง ถึงแม้ว่าตัวแปรเหล่านั้นจะเปลี่ยนแปลงไปในแบบเดียวกันในทุก ๆ กรณี

2.5 บอกได้ว่าสภาพการณ์อย่างไรที่ทำให้ตัวแปรที่มีค่าคงที่ และสภาพการณ์อย่างไรไม่ทำให้ค่าตัวแปรคงที่

3. การตีความหมายข้อมูลและการสรุป

การตีความหมายข้อมูลและการสรุป หมายถึง การบอกความหมายหรือบรรยายลักษณะ หรือสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ แล้วสรุปหรือบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลนั้น ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปของสัญลักษณ์ ตาราง รูปภาพ หรือกราฟ ฯลฯ ที่รวบรวมรายละเอียดต่าง ๆ ของข้อมูลไว้อย่างครบถ้วน และกะทัดรัด สะดวกต่อการนำไปใช้ และการนำเอาข้อมูลไปใช้ จำเป็นต้องตีความหมายของข้อมูลดังกล่าว ให้อยู่ในรูปของภาษาพูด หรือภาษาเขียนที่สื่อความหมายกับคนทั่ว ๆ ไปได้โดยเป็นที่เข้าใจตรงกัน

การตีความหมายของข้อมูล แบ่งเป็น 1) การตีความหมายของข้อมูลจากกราฟ 2) ควรให้รายละเอียดที่ชัดเจน และเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ 3) รายละเอียดของข้อมูลจากกราฟ บางส่วน อาจแปลให้มาอยู่ในรูปของตารางเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น 4) ผลที่ได้จากการตีความหมายของข้อมูลนำไปสู่การลงความเห็นได้

การตีความหมายข้อมูลจากแผนภูมิหรือรูปภาพ ผู้ที่มีทักษะการตีความหมายของข้อมูล และการสรุป ต้องมีความสามารถในการกระทำสิ่งต่อไปนี้คือ 1) หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์ 2) สร้างหรือแสดงให้เห็นวิธีที่จะทดสอบ

สมมติฐานได้ 3) แยกแยะการสังเกตที่สนับสนุนสมมติฐาน และไม่สนับสนุนสมมติฐานออกจากกันได้

4. การให้นิยามเชิงปฏิบัติการ

การให้นิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ (ที่มีอยู่ในสมมติฐานที่จะทดลอง) ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถทดลองหรือวัดได้

นิยามเชิงปฏิบัติการมีสาระสำคัญ 2 ประการ คือ

4.1 ระบุสิ่งที่สังเกต

4.2 ระบุการกระทำซึ่งอาจได้จากการวัด ทดสอบ หรือจากการทดสอบ

สิ่งที่ควรคำนึงในการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ มีดังนี้ 1) ควรใช้ภาษาที่ชัดเจน ไม่กำกวม 2) อธิบายถึงสิ่งที่สังเกตได้ และระบุการกระทำไว้ด้วย 3) อาจนิยามเชิงปฏิบัติการมากกว่า 1 นิยามก็ได้ ขึ้นอยู่กับสถานการณ์สิ่งแวดล้อมเนื้อหาในบทเรียน

5. การทดลอง

การทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542 : 28) กล่าวว่า การทดลองหมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบ หรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอนคือ

5.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการในการทดลอง

5.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ

5.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจจะเป็นผลของการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

จากแนวคิดและความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่าทักษะการทดลอง ประกอบด้วย กระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การออกแบบการทดลอง การเลือกวัสดุอุปกรณ์ และดำเนินการทดลองเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้และเกี่ยวกับ พฤติกรรมบ่งชี้ทักษะการทดลอง ปิยวรรณ ตาคำ (2545 : 19) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ทักษะการทดลองคือ 1) กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้อง และเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุม 2) ระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้ 3) ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม 4) บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

จากพฤติกรรมดังกล่าว สรุปพฤติกรรมบ่งชี้ทักษะการทดลองได้ดังนี้ 1) ออกแบบการทดลองโดยกำหนดวิธีทดลองและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง 2) ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง 3) ออกแบบตารางบันทึกผลและบันทึกผลการทดลองได้

6.3 การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2540 : 166) ได้กล่าวว่า การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มี 2 รูปแบบ คือ การประเมินโดยใช้ แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple-choice paper-and-pencil tests) และการประเมินพฤติกรรมการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Performance assessment) การประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบเป็นวิธีก่าดั้งเดิมในขณะที่การประเมินพฤติกรรมเป็นแนวทางเลือกใหม่ในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นวัตถุประสงค์สำคัญ

1. การใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ในระหว่างปี ค.ศ. 1960-1970 ได้มีการพัฒนาแบบทดสอบซึ่งวัดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ แบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นมีจำนวนเพิ่มขึ้นตามจำนวนทักษะที่ต้องการทดสอบ แรกเริ่มเดิมทีแบบทดสอบเหล่านี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองต่อหลักสูตรวิทยาศาสตร์แผนใหม่ต่อมาได้พัฒนาแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐานและขั้นผสม (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540 : 166-167)

หลักสูตรวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษามีแต่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ทางชีววิทยา (Biological Science Curriculum Study : BSCS) เท่านั้นที่แบบทดสอบได้ออกแบบมาใช้วัดความสามารถทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบนี้มีชื่อว่า กระบวนการในการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ (The Processes of Science Test) ซึ่งใช้วัดว่านักเรียนมีความสามารถในการกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างไร

2. การประเมินพฤติกรรมในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ปัจจุบันได้มีการเน้นวิธีการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่นอกเหนือจากการใช้แบบทดสอบให้ผู้เรียนทำ แบบทดสอบที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันโดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบทดสอบชนิดเลือกตอบไม่ได้ให้ผู้เรียนลงมือทำการทดลองอย่างจริงจัง ๆ เพื่อทดสอบความเข้าใจและทดสอบทักษะการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ นั่นคือผู้เรียนไม่จำเป็นต้องลงมือปฏิบัติการทดลอง การประเมินพฤติกรรมจึงเป็นวิธีใหม่ในการประเมินผลการเรียนรู้ และเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงระบบการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาในปัจจุบัน (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540 : 173-174)

นักวิจัยและนักวิทยาศาสตร์จากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย (The University of California) และจากสถาบันเทคโนโลยีแคลิฟอร์เนีย (The California Institute of Technology) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาวิธีการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4 วิธีด้วยกัน คือ (วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540 : 173-174) 1) การสังเกตพฤติกรรมการลงมือการปฏิบัติการทดลอง ของนักเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญ 2) การประเมินสมุดบันทึกที่นักเรียนใช้บันทึกวิธีดำเนินการทดลอง 3) การใช้ไอคอน (Icon) ในสถานการณ์จำลองจากเครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer simulation) 4) การตอบคำถามสั้น ๆ ที่เกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ และการตีความหมาย ข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

7. การควบคุมตัวแปรควบคุม

บุญชม ศรีสะอาด (2542 : 27-28) กล่าวว่า ตัวแปรแทรกซ้อนเป็นตัวแปรที่ผู้วิจัย ไม่ได้ศึกษา แต่อาจจะมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามทำให้ผลของการสรุปการศึกษาทดลองขาดความเที่ยง ผลที่ได้ไม่ได้มาจากการทดลองจริง ๆ การควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างกลุ่มทดลอง การจับคู่ หรือในอีกกรณีหนึ่งในการทดลองสอนสองวิธีโดยให้ครูคนหนึ่งสอนวิธีหนึ่งและครูอีกคนหนึ่งสอนอีกวิธีหนึ่ง โดยความจริงความสามารถของครูทั้งสองแตกต่างกันหรือความตั้งใจของครูแตกต่างกัน อาจทำให้ตัวแปรตามแตกต่างกันได้ทั้งที่วิธีการสอนอาจไม่แตกต่างกันก็ได้ ในการแก้ไขการทดลองอาจใช้ครูคนเดียวสอนแทนการสอนคนละห้องเรียน

นิภา ศรีไพโรจน์ (2551 : ออนไลน์) กล่าวว่า ในการวิจัยนั้นย่อมมีตัวแปรแทรกซ้อนเกิดขึ้นเสมอ ซึ่งผู้วิจัยจะต้องควบคุมตัวแปรชนิดนี้ให้หมดไป เพื่อจะได้ทราบว่าตัวแปรตามเป็นผลมาจากตัวแปรอิสระอย่างแท้จริง การควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนใช้หลักการควบคุมดังต่อไปนี้

1. เพื่อความแปรปรวนที่เป็นระบบให้มากที่สุด เป็นการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนโดยการเพิ่มความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม หรือความแปรปรวนเนื่องมาจากการทดลองให้สูงสุด ซึ่งทำได้โดยวิธีการกำหนดวิธีการทดลองให้กับกลุ่มการทดลองและกลุ่มควบคุมให้แตกต่าง และเป็นอิสระซึ่งกันและกัน ตลอดจนควบคุมเวลาและสภาวะของการทดลองให้เหมาะสม เพื่อให้สามารถจัดกระทำตัวแปรอิสระให้ส่งผลต่อตัวแปรตามมากที่สุด

2. การใช้สถิติ เทคนิควิธีการทางสถิติที่สามารถนำมาควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนได้ก็คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม จะสามารถปรับคุณสมบัติที่แตกต่างกันของกลุ่มตัวอย่างได้ ทำให้ผลที่ปรากฏเป็นผลจากการทดลองเท่านั้น

กล่าวโดยสรุป ตัวแปรแทรกซ้อนที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม ทำให้ผลของการวัดค่าตัวแปรคลาดเคลื่อน ตัวแปรชนิดนี้ต้องควบคุมให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งมีวิธีการควบคุมหลายวิธี เช่น การกระทำที่ตัวแปรบางตัวที่เป็นตัวแปรแทรกซ้อนให้อยู่ในสถานะเป็นตัวคงที่ การนำตัวแปรบางตัวที่จะเป็นตัวแปรแทรกซ้อนเข้าร่วมเป็นตัวแปรร่วมศึกษา ใช้หลักการสุ่มตัวอย่างการทดลอง ใช้ครูผู้สอนคนเดียวกัน เวลาในการเรียนรู้เป็นเวลาเดียวกัน ส่วนตัวแปรแทรกซ้อนที่ไม่สามารถควบคุมได้จึงควบคุมโดยวิธีการทางสถิติ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนโดยใช้ผู้สอนคนเดียว เวลาในการเรียนรู้เป็นเวลาเดียวกัน และควบคุมโดยวิธีทางสถิติ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนหรือตัวแปรเกินโดยใช้ครูคนเดียวกัน หน่วยการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เหมือนกัน สอดคล้องกับ พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543 : 45) ที่กล่าวถึงตัวแปรแทรกซ้อนหรือตัวแปรเกินไว้ว่า ตัวแปรแทรกซ้อนหรือตัวแปรเกินเป็นตัวแปรที่ไม่ต้องการศึกษาของงานวิจัยเรื่องหนึ่งในขณะนั้น ลักษณะเหมือนตัวแปรอิสระ ตัวแปรแทรกซ้อนจะส่งผลกระทบต่อตัวแปรอิสระที่ศึกษาทำให้ผลของการวัดค่าตัวแปรคลาดเคลื่อน ตัวแปรชนิดนี้ต้องควบคุมให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด ตัวแปรชนิดนี้ผู้วิจัยคาดการณ์ไว้ว่า จะมีอะไรบ้าง จึงสามารถควบคุมได้ล่วงหน้า เช่น ครู เวลา พื้นฐานของนักเรียน สภาพแวดล้อม หน่วยการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เป็นหน่วยการเรียนรู้เดียวกัน

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวกับโครงการวิทยาศาสตร์ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยบางเรื่องดังนี้

8.1 งานวิจัยในประเทศ

สุรชัย พิภพนวม (2541 : 58) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์แบบมีการทำโครงการวิทยาศาสตร์และแบบไม่มีการทำโครงการวิทยาศาสตร์ พบว่า 1) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์แบบมีการทำโครงการวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์แบบไม่มีการทำโครงการวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์แบบมีการทำโครงการวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์แบบไม่มีการทำโครงการวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อรุณี สายวงศ์ (2547 : 72) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียน โดยการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้กับการสอนตามแนว สสวท. พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองโดยส่วนรวมมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นพื้นฐานหลังเรียน โดยรวมและรายด้าน 7 ด้าน (ยกเว้นการสังเกต) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นพื้นฐาน โดยรวมและรายด้าน 6 ด้าน (ยกเว้นการใช้เลขจำนวนและการคำนวณ และการจัดจำแนกสิ่งของ) สูงกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม (ร้อยละ 52.9-64.51) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พื้นฐานหลังเรียน โดยรวมและด้านพยากรณ์มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปิยวรรณ คำคำ (2545 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการใช้ชุดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น การวิจัยปรากฏผลดังนี้

1. ได้ชุดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 13 ชุด ดังนี้ การสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลองและการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

2. นักเรียนที่ใช้ชุดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการใช้ชุดกิจกรรมสูงกว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนการใช้ชุดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.01

สมบัติ ดีการกล (2547 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่านักเรียนโดยส่วนรวมมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นพื้นฐานหลังเรียน โดยรวมและเป็นรายด้าน 7 ด้านคือ ด้านการสังเกต ด้านการจัดประเภทของสิ่งของ ด้านการวัดด้านการใช้ตัวเลขและการคำนวณ ด้านความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา ด้านการพยากรณ์และด้านการลงข้อวินิจฉัยเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.50 โดยมีหนึ่งด้านสูงกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มคือด้านการสังเกต นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นพื้นฐานหลังเรียนเป็น 5 ด้านสูงกว่าก่อนเรียน คือ ด้านการสังเกต ด้านการวัดด้านการจัดกระทำข้อมูล และสื่อความหมายข้อมูล ด้านการพยากรณ์ และด้านการลงข้อวินิจฉัยและนักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นพื้นฐานหลังเรียนเป็น 1 ด้านคือ ด้านการจัดประเภทสิ่งของเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.50 คือด้านการสังเกตโดยมี

ทักษะโดยรวมและเป็นรายด้าน 1 ด้าน สูงกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มคือด้านการสังเกต ใช้เวลาในการศึกษา 7 สัปดาห์

กานต์ธิดา สังข์เรียง (2548 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โดยใช้การประเมินตามสภาพจริง ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1. ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ช่วงชั้นที่ 3 โดยการใช้การประเมินตามสภาพจริง ควบคู่กับการใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับดีมาก 8 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และอยู่ในระดับดี 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปสกับเวลา ทักษะการตั้งสมมติฐานและทักษะการทดลอง

2. คะแนนเฉลี่ยของความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ช่วงชั้นที่ 3 หลังได้รับการประเมินตามสภาพจริง ควบคู่กับการใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนการประเมินและอยู่ในระดับดี

สุนันทา เสนาะเสียง (2548 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาแบบฝึกโครงการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสารละลายกรด-เบส สารละลายเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า แบบฝึกโครงการวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติของสารละลายกรด-เบส สารละลายเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.52/83.67 มีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ .0773 หมายถึงนักเรียนมีความรู้หลังเรียนเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 77.31 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยแบบฝึกโครงการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

ไชยยันต์ จรุงเสาวภกิจ (2550 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ การคิดวิเคราะห์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงาน และการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานและการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประสิทธิภาพเท่ากับ 82.83/77.50 และ 80.17/76.13 ตามลำดับ แสดงว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนร้อยละ 69.20 และร้อยละ 67.35 ตามลำดับ

2. นักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ หลังเรียนโดยรวมและเป็นรายด้าน 5 ด้าน สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทิพวรรณ ไกรนรา (2550 : 56) ได้ศึกษาวิจัยชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นผสม เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า

1. ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสม เมื่อนำไปทดลองใช้พบว่าเป็นชุดฝึกที่มีประสิทธิภาพ 82.72/80.15 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้

2. ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พบว่า หลังได้รับการเรียนโดยใช้ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมกลุ่มที่ศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

3. นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ที่ได้รับ ด้านกิจกรรมการเรียนการสอนและวัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ในชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสม ว่าเหมาะสมในระดับเห็นด้วยและเห็นด้วยอย่างยิ่งรวมกันคิดเป็นร้อยละ 91.93 และ 93.75 ตามลำดับ โดยนักเรียนเห็นด้วยว่า มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับความรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมที่ได้เรียนมาก เนื้อหาของแต่ละกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการใช้ทักษะ เนื้อหาและกิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติมีความสอดคล้องกันแบบฝึกและกิจกรรมในชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสม ส่งเสริมการทำงานทั้งเป็นหมู่คณะและเป็นรายบุคคลมากที่สุด แต่เนื้อหาในแบบฝึกและกิจกรรมไม่มากเกินไปและมีตัวอย่างชัดเจนเข้าใจง่ายและเป็นชุดฝึกที่ประกอบด้วยแบบฝึกและกิจกรรมที่ดึงดูดความสนใจ ทำทลายความคิด วิธีดำเนินกิจกรรมแต่ละกิจกรรมยังอยู่ในระดับต่ำ

สรุปงานวิจัยที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่าครูผู้สอนเห็นความสำคัญในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนที่ได้รับการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยตรง นอกจากการพัฒนาทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็นแล้ว มีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์โดยรวมดีขึ้น ซึ่งผู้ศึกษาได้จัดทำชุดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นี้ขึ้น ซึ่งนอกจากจะช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาของโรงเรียน และประเทศต่อไป

8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ควิน และ เคนเนท (Quinn & Kenneth. 1975 : 289-296) ได้ทำการวิจัยเพื่อประเมินผลวิธีการสอน การสร้างสมมติฐาน ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนเกรด 6 ของโรงเรียนคาทอลิก ในเขตที่มีสภาพทางสังคมต่ำ 2 ห้องเรียน และเขตที่มีสภาพทางสังคมสูง 2 ห้องเรียน ทำการศึกษาโดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองสอนการสร้างสมมติฐาน กลุ่มควบคุม ไม่ได้สอนการสร้างสมมติฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนการสร้างสมมติฐาน จะมีทักษะในการสร้างสมมติฐานที่มีคุณภาพดีกว่าพวกที่ไม่ได้รับการสอน และความสามารถในการสร้างสมมติฐานมีความสัมพันธ์กับสภาพทางสังคม สถิติปัญหา คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการอ่าน

เกเบิล และรับบา (Gable & Rubba. 1977 : 503-511) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลการสอนและประสบการณ์ฝึกสอนที่มีต่อความสามารถในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยศึกษากับนักศึกษาครูแผนกวิชาประถมศึกษาในมหาวิทยาลัยอินเดียนา ที่ลงทะเบียนเรียน วิชาฟิสิกส์ในปีการศึกษา 1975 จำนวน 58 คน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการเพิ่มเติม จะมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกเพิ่มเติม

พาดิลลา และโอเค (Padilla & Okey. 1983 : 239-246) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง กับความสามารถในการคิด แบบนามธรรมตามทฤษฎีของเปียเจต์ (Piaget) ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนเกรด 7-12 จำนวน 492 คน จากโรงเรียนนอกเมืองในแอตแลนตาและจอร์เจีย ผลการวิจัย พบว่า ความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงมีความสัมพันธ์กับการคิดอย่างมีเหตุผลอย่างมี นัยสำคัญที่สถิติที่ระดับ .01

อิลยาส (Ilyas. 1983 : 1409-A) ได้ศึกษาผลของการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่อทักษะภาคปฏิบัติ และเจตคติต่อการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมเมืองอิสลามาบัด ประเทศปากีสถานในปี 1979 จำนวน 24 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 12 คน โดยกลุ่มทดลองจะได้รับการสอนโดยใช้หลักการเรียนเพื่อรอบรู้จากโมดูล และผ่านเกณฑ์ 80 : 80 ส่วนกลุ่มควบคุมจะได้รับการสอนแบบ place to instruction เป็นระยะเวลานานเท่ากัน ผลการวิจัยพบว่า การสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทำให้ครูในกลุ่มทดลองมีสมรรถภาพทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การเลือกวัตถุประสงค์และกิจกรรมที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แตกต่างจากครูในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

ชิลเดรส (Childress. 1979 : 3280-A) ได้ศึกษาผลของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับพุทธิปัญญาของเด็กวัยรุ่น ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายวิชาเอกเคมีจำนวน 73 คน จาก 12 เขตการศึกษา ทำการศึกษาโดยแบ่งตัวอย่าง ประชากร ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กำหนดให้ทำโครงการวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่ 2 เลือกทำโครงการวิทยาศาสตร์จากหัวข้อที่กำหนดให้ ส่วนกลุ่มที่ 3 ไม่ต้องทำโครงการวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาสติปัญญาตามทฤษฎีของเปียเจต์ ของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม หลังจากผ่านการทดลองทั้งสิ้น 9 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลของการวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ สรุปได้ดังนี้

1. อาจารย์ที่ปรึกษา และนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ มีความเห็นว่าการทำโครงการวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่น่าสนใจ และมีประโยชน์
2. นักเรียนที่ทำโครงการวิทยาศาสตร์และไม่ได้ทำโครงการวิทยาศาสตร์ มีพัฒนาทางสติปัญญาตามทฤษฎีของเปียเจต์ไม่พบว่าแตกต่างกัน
3. นักเรียนที่ทำโครงการวิทยาศาสตร์ มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้ทำโครงการวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ